

**KAJIAN KUALITAS PERAIRAN DI PANTAI KOTA BANDAR  
LAMPUNG BERDASARKAN KOMUNITAS HEWAN MAKROBENTHOS**

**TESIS**

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Mencapai Derajat Magister (S2)

**Program Magister Manajemen Sumberdaya Pantai**



**Disusun oleh:**

**HENNI WIJAYANTI M.**

**K4A004008**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2007**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang mempunyai potensi sumberdaya alam yang cukup besar. Wilayah ini telah mengalami banyak perubahan fungsi untuk dapat memberikan manfaat dan sumbangan yang besar dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat melalui peningkatan devisa negara. Namun aktivitas perekonomian tersebut yang mengkonversi lahan pesisir dari rawa dan mangrove menjadi kawasan industri, pariwisata dan pemukiman telah menyebabkan proses abrasi dan sedimentasi yang cukup parah (Wiryawan *et.al*, 1999).

Pantai kota Bandar Lampung merupakan salah satu lokasi yang telah banyak mengkonversi lahan pantai, menjadi kawasan industri antara lain industri batubara, pembangkit tenaga listrik, pariwisata, pelabuhan niaga dan pemukiman (Wiryawan *et.al*, 1999). Aktivitas-aktivitas tersebut di atas, baik secara langsung maupun tidak langsung akan berdampak terhadap keseimbangan ekosistem di kawasan pantai tersebut. Hal ini disebabkan oleh kerusakan-kerusakan lingkungan laut dari eksploitasi lahan pantai secara berlebihan. Eksploitasi terbesar adalah pembukaan hutan bakau (mangrove) yang ditandai dengan adanya abrasi pantai, sedimentasi, intrusi air laut.

Tekanan lingkungan terhadap perairan ini makin lama semakin meningkat karena masuknya limbah dari berbagai kegiatan di kawasan-kawasan yang telah

terbangun di wilayah pesisir tersebut. Jenis limbah yang masuk seperti limbah organik, dan anorganik (sampah) inilah yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan perairan (Wiryawan *et.al*, 1999). Penurunan kualitas lingkungan ini dapat diidentifikasi dari perubahan komponen fisik, kimia dan biologi perairan di sekitar pantai. Perubahan komponen fisik dan kimia tersebut selain menyebabkan menurunnya kualitas perairan juga menyebabkan bagian dasar perairan (sedimen) menurun, yang dapat mempengaruhi kehidupan biota perairan terutama pada struktur komunitasnya (Odum, 1971; Warwick, 1993). Salah satu biota laut yang diduga akan terpengaruh langsung akibat penurunan kualitas perairan dan sedimen di lingkungan pantai adalah hewan makrobenthos.

Perubahan struktur komunitas hewan makrobenthos meliputi keanekaragaman, keseragaman, kelimpahan, dominansi, biomassa, dan sebagainya akibat akumulasi limbah dari aktivitas manusia. Akumulasi limbah, baik minyak maupun limbah dari daratan (industri dan rumah tangga), yang mengendap di dasar perairan akan mempengaruhi kehidupan hewan makrobenthos karena hewan ini mempunyai peran sebagai dekomposer. Lind (1979) menyatakan bahwa organisme benthos memainkan peran penting dalam komunitas dasar, karena fungsinya dalam proses mineralisasi dan pendaaur ulang bahan organik yang terperangkap di dalam lingkungan perairan. Selain itu hewan benthos di suatu lingkungan juga dapat dipakai untuk menduga terjadi pencemaran perairan (American Public Health Association 1989; Agard *et.al*, 1993). Dari uraian di atas menunjukkan bahwa hewan makrobenthos mempunyai sifat yang relatif menetap dan mempunyai pergerakan

yang sangat terbatas, sehingga hewan ini secara langsung akan terkena dampak dari perubahan lingkungan. Ada jenis-jenis yang mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan di sekitarnya, tetapi ada yang tidak mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, sehingga jenisnya tidak ditemukan lagi di wilayah tersebut.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Pantai merupakan habitat yang dihuni oleh berbagai jenis organisme, baik yang bergerak seperti ikan, udang dan lain sebagainya, dan yang bersifat menetap atau bergerak lambat seperti fauna dasar atau benthos yaitu Mollusca, Polychaeta, Crustacea, Echinodermata.

Meluasnya pembangunan di berbagai sektor di kota Bandar Lampung telah menyebabkan terjadi perubahan alih fungsi lahan sampai ke daerah pantai. Sebagai contoh di sepanjang pantai kota Bandar Lampung telah terjadi perubahan dari kawasan pantai dengan hutan bakau-bakaunya menjadi kawasan industri seperti batubara, pemukiman, dan pariwisata. Selain itu sektor transportasi juga telah menyebabkan terjadinya perubahan fungsi lahan pantai menjadi pelabuhan niaga dengan aktivitas kapal-kapalnya. Perubahan alih fungsi lahan tersebut selain menimbulkan dampak positif terhadap sosial, ekonomi, dan budaya, juga telah menimbulkan dampak negatif yaitu penurunan kualitas perairan. Penurunan kualitas perairan ini disebabkan oleh akumulasi limbah dari aktivitas industri batubara, dan dari dalam kapal-kapal niaga di pelabuhan niaga, serta sampah rumah tangga yang berasal dari kawasan pemukiman dan kawasan wisata. Limbah ini secara langsung

maupun tidak langsung dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan di kawasan pantai.

Dengan adanya ketidakseimbangan dalam ekosistem perairan di kawasan pantai otomatis kehidupan biota yang ada di dalamnya akan terganggu pula, terutama biota yang hidup relatif menetap di dasar perairan. Salah satu biota air yang hidup relatif menetap artinya tidak berpindah tempat jauh, karena gerakannya sangat lambat adalah hewan makrobenthos. Hewan makrobenthos dikenal sebagai bagian integral dari ekosistem laut, mereka dapat digunakan sebagai indikator biologis dalam kualitas air untuk menilai dampak industrialisasi dan urbanisasi di berbagai belahan dunia. Untuk itu perlu dilakukan beberapa kajian seperti menganalisis kualitas perairan dan sedimennya pada beberapa tempat seperti kawasan industri yang diwakili oleh industri batubara, aktivitas transportasi dari pelabuhan niaga, kawasan pemukiman, dan kawasan pariwisata. Selanjutnya dikaji pula kehidupan hewan makrobenthos terutama pada struktur komunitasnya. Hasil dari kajian ini untuk memberikan gambaran dan rekomendasi dalam upaya pengelolaannya. Adapun kerangka pendekatan masalah dapat dilihat pada gambar 1.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

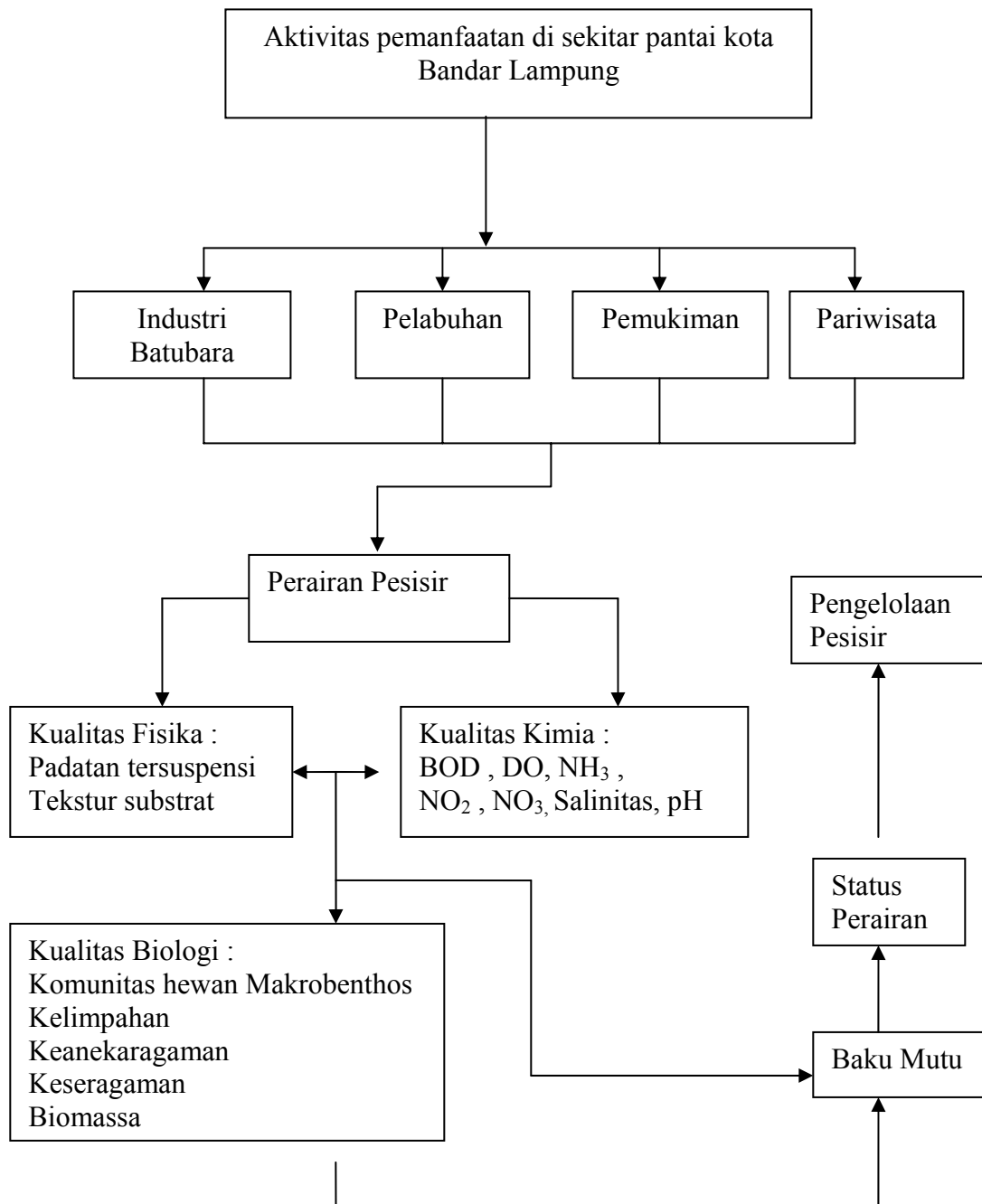
1. Mengetahui struktur komunitas hewan makrobenthos pada beberapa lokasi penelitian di pantai kota Bandar Lampung
2. Menganalisis hewan makrobentos sebagai indikasi pencemaran.
3. Mengkaji dan memprediksi kondisi kualitas perairan atas dasar hewan makrobenthos
4. Merekomendasi langkah-langkah pengelolaan sumberdaya pantai

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan sebagai informasi tentang kondisi lingkungan perairan di kawasan pantai kota Bandar Lampung kepada Pemerintah Daerah Propinsi Lampung, untuk membantu upaya pengelolaan wilayah pesisir Propinsi Lampung khususnya wilayah pesisir panjang, kota Bandar Lampung.

### **1.5. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember tahun 2006 di Perairan Pantai Kota Bandar Lampung. Analisis kualitas air dilakukan di Laboratorium Balai Budidaya Laut Lampung, Analisis hewan makrobenthos dilakukan di Laboratorium Biologi MIPA Universitas Lampung dan Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro.



Gambar 1. Skema pendekatan masalah di Perairan Pantai Kota Bandar Lampung.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Profil Kota Bandar Lampung Secara Umum**

Wilayah Lampung memiliki potensi ekonomis antara lain di bidang kehutanan, pariwisata bahari, perikanan, pertambangan minyak dan transportasi. Luas perairan pesisir Lampung termasuk 12 mil laut adalah 16.625 km<sup>2</sup> (Pemerintahan Propinsi Lampung, 2000). Wilayah pesisir Lampung mempunyai garis pantai 1105 km dengan 184 desa pantai (114000 Ha). Aktivitas di wilayah ini yang utama adalah kepelabuhanan (penumpang, peti kemas dan perikanan), pabrik, dan pariwisata, sehingga terjadi pengrusakan habitat karena aktivitas manusia tersebut (Wiryawan *et.al*, 1999).

Secara geografis Kota Bandar Lampung terletak pada posisi 5° 20' LS - 5° 0' LS dan 105° 28' BT - 105° 37' BT. Letaknya di Teluk Lampung bagian selatan dan ujung selatan pulau Sumatera. Kota Bandar Lampung memiliki luas 192 km<sup>2</sup>, terdiri dari 9 kecamatan dan 84 kelurahan/desa, dengan mata pencaharian sebagian besar penduduk di bidang jasa dan perdagangan. Dari seluruh desa tersebut, terdapat 12 desa pantai yang berada dalam 3 kecamatan yaitu Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kecamatan Teluk Betung Barat dan Kecamatan Panjang. Kegiatan reklamasi pantai dijumpai di daerah Desa Sukaraja dan Desa Kangkung (Wiryawan *et.al*, 1999).

Aktivitas-aktivitas yang ada di sepanjang pantai kota Bandar Lampung adalah pelabuhan, industri, pemukiman dan pariwisata. Aktivitas tersebut, baik secara



langsung maupun tidak langsung akan berdampak pada penurunan lingkungan perairan. Hal ini disebabkan oleh kerusakan lingkungan laut sebagai dampak dari eksploitasi lahan secara berlebihan. Eksploitasi yang utama adalah pembangunan yang ada di sepanjang pantai kota Bandar Lampung yang ditandai dengan adanya abrasi pantai, sedimentasi dan intrusi air laut.

## 2.2. Ekologi Hewan Makrobenthos

Komunitas hewan makrobenthos merupakan hewan dasar yang hidup di endapan dasar perairan, baik yang merayap, menggali lubang atau melekatkan diri pada substrat (*sessile*) (Odum, 1971). Menurut Welch (1952) bahwa yang termasuk makrofauna bentik adalah seluruh organisme yang berada pada dasar perairan, baik dasar perairan yang dangkal maupun dasar perairan yang dalam. Sedangkan menurut Cole (1979) menyatakan bahwa makrofauna bentik adalah hewan dasar yang dapat tertangkap dengan alat penyaring atau pengayak berukuran lebih besar dari 0,417 mm.

Berdasarkan ukuran tubuhnya ada 3 klasifikasi pada benthos yaitu mikrobenthos ( $< 0,1$  mm), meiobenthos (0,1 – 1 mm) dan makrobenthos ( $> 1$  mm). Sedangkan berdasarkan tempat hidupnya, benthos dapat dikelompokkan sebagai epifauna yaitu yang hidup menempel pada daun-daun lamun/ rumput laut dan diatas dasar laut; dan infauna yaitu yang hidup di dalam sedimen (Odum, 1971).

Selanjutnya menurut Barnes (1978) pembagiannya berdasarkan pola-pola makannya benthos dibedakan menjadi tiga macam. **Pertama** sebagai *suspension*

*feeder* yang memperoleh makanannya dengan menyaring partikel-partikel melayang di perairan. **Kedua** sebagai *deposit feeder* yang mencari makanan pada sedimen dan mengasimilasikan material organik yang dapat dicerna dari sedimen. Material organik dalam sedimen biasanya disebut detritus. **Ketiga** sebagai *detritus feeder* tersebut khusus hanya makan detritus saja.

Kelompok organisme dominan yang menyusun makrofauna di dasar lunak terbagi dalam 4 kelompok : Kelas Polychaeta, Kelas Crustacea, Phylum Echinodermata dan Phylum Mollusca. Cacing Polychaeta banyak terdapat sebagai species pembentuk tabung dan penggali. Crustacea yang dominan adalah *Ostracoda*, *Amphipoda*, *Isopoda*, *Tanaid*, *Misid* yang berukuran besar dan beberapa Dekapoda yang lebih kecil. Umumnya mereka menghuni permukaan pasir dan lumpur. Mollusca biasanya terdiri dari berbagai species bivalvia penggali dengan beberapa gastropoda di permukaan. Echinodermata biasanya sebagai benthos subtidal, terutama terdiri dari binatang mengular dan ekinoid (Bulu babi dan dollar pasir) (Nybakken, 1988).

Hewan makrobenthos sepanjang hidupnya berlaku sebagai benthos, beberapa jenis diantaranya hanya benar-benar sebagai benthos pada stadium larva saja atau sebaliknya (Hutchinson, 1967 dalam Supriharyono, 1978). Sebagai contoh cacing Polychaeta secara umum hidup sebagai benthos pada stadium dewasa, sedangkan ikan-ikan demersal hidup sebagai benthos pada stadium larva (Parsons *et al*, 1977). Sanders (1968), menyatakan bahwa pada umumnya komposisi hewan makrobenthos di segala area terdiri dari kelompok Polychaeta 50 – 60 %, sedangkan sisanya adalah

Mollusca, Crustacea dan Echinodermata. Dickman (1969), menyatakan bahwa biota hewan makrobenthos dapat dikatakan hidup relatif menetap sehingga kemungkinan kecil sekali untuk menghindar dari perubahan lingkungan yang dapat membahayakan hidupnya. Oleh sebab itu hewan makrobenthos sangat baik digunakan sebagai petunjuk (indikator) terjadi perubahan lingkungan perairan.

Peranan hewan makrobenthos di perairan sangat penting dalam rantai makanan (*food chain*), karena merupakan sumber makanan bagi beberapa ikan dan sebagai salah satu pengurai bahan organik (Odum, 1971). Hewan makrobenthos memanfaatkan sumber makanan primer yang terdiri dari makanan yang bersifat pelagik sebagai makanan tersuspensi dan makan yang bersifat bentik sebagai makanan terdeposit. Bentuk lain dari deposit yang berbeda dengan makan deposit di atas adalah mikroalga bentik yang ada di sedimen, akan tetapi sumber makanan benthos yang sebenarnya diperoleh melalui sedimentasi pada kolom air, termasuk mineral makanan potensial yang tidak tertangkap oleh organisme pelagik. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa *input* makanan dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu mikroalga bentik dan guguran dasar atau detritus yang suatu saat juga tersuspensi oleh adanya pergerakan air (Barnes, 1978).

### **2.3. Kelimpahan, Indeks Keanekaragaman, Keseragaman dan Biomassa**

Kelimpahan organisme di dalam perairan dapat dinyatakan sebagai jumlah individu per satuan volume atau umumnya dinyatakan sebagai individu per liter. Sedangkan kelimpahannya dapat diketahui melalui analisis densitas, dimana densitas

tersebut dapat diartikan sebagai jumlah individu per satuan area (Anggoro, 1984). Kelimpahan relatif adalah prosentase dari jumlah individu dari suatu species terhadap jumlah total individu dalam suatu daerah tertentu (Odum, 1971).

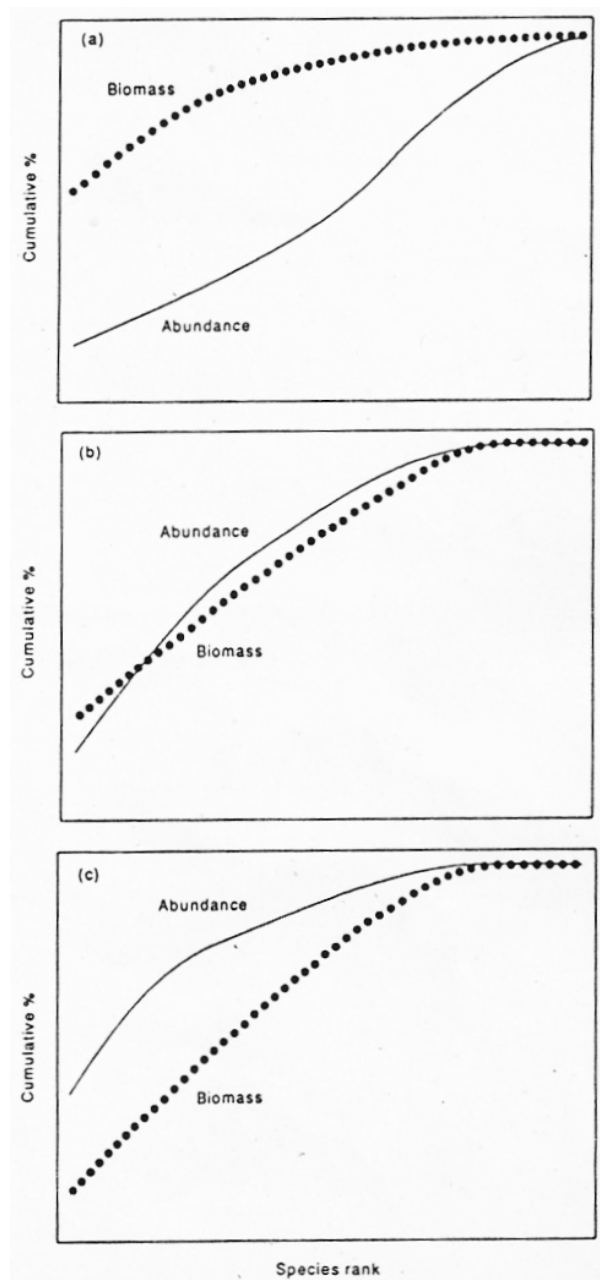
Menurut Lee *et.al*, (1978) mengemukakan bahwa untuk memprediksi atau memperkirakan tingkat pencemaran air laut, dapat dianalisa berdasarkan indeks keanekaragaman hewan makrobenthos maupun berdasarkan sifat fisika-kimia. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan klasifikasi derajat pencemaran yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi derajat pencemaran berdasarkan indeks keanekaragaman

| No | Indeks Keanekaragaman                              | Tingkat Pencemaran   | Pustaka                               |
|----|--|--|---------------------------------------|
| 1. | > 3<br>1-3<br>< 1                                  | Air bersih<br>Setengah tercemar<br>Tercemar berat  | Wilhn dan Doris, 1966                 |
| 2. | 3,0 – 4,5<br>2,0 - 3,0<br>1,0 – 2,0<br>< 1,0       | Tercemar sangat ringan<br>Tercemar ringan<br>Tercemar sedang<br>Tercemar berat                   | Staub <i>et.al</i> , dalam Wilhm 1975 |
| 3. | > 3<br>2,0 – 3,0<br>1,6 – 2,0<br>1,0– 1,5<br>< 1,0 | Tidak tercemar<br>Tercemar sangat ringan<br>Tercemar ringan<br>Tercemar sedang<br>Tercemar berat | Lee <i>et.al</i> , 1978               |

Keseragaman adalah komposisi jumlah individu dalam setiap genus atau species yang terdapat dalam komunitas. Nilai keseragaman suatu populasi akan berkisar antara 0–1 dengan kreteria :  $0,4 \leq E \leq 0,6$  dengan keseragaman populasi kecil; Keseragaman populasi sedang; sampai dengan keseragaman tinggi (Brower *et.al*, 1990).

Data kelimpahan dan biomassa species yang terdiri dari komunitas bentik laut dapat dieksploitasi secara luas, yang mana bertujuan untuk menaksir tingkatan kondisi perairan dianggap terganggu. Kurva ABC atau *k*- dominance curves yang mengindikasikan perairan tersebut dalam kondisi masih baik dan layak untuk kehidupan hewan makrobenthos dimana kurva biomassa yang terletak diatas kurva kelimpahan individu. Sedangkan apabila perairan tersebut terindikasi tercemar ditunjukkan dengan kurva kelimpahan individu diatas kurva biomassa, biasanya sebagian besar komunitas terganggu dihuni oleh sejumlah besar individu kecil. Yang terakhir adalah untuk perairan terganggu dimana kedua kurva ini bersinggungan atau saling memotong (Warwick dan Clarke, 1994), contoh kurva dapat dilihat pada gambar 2 .



Keterangan : (a) tidak terganggu, (b) terganggu, (c) tercemar

Gambar 2. Kurva ABC atau  $k$ - dominance curves

## **2.4. Kualitas Air**

### **2.4.1. Kecepatan arus**

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, karena perbedaan dalam densitas air laut atau disebabkan oleh gerakan gelombang (Nontji, 2002). Selanjutnya dikatakan bahwa pada dasar perairan dangkal, dimana terdapat arus yang tinggi, hewan yang mampu hidup adalah organisme *periphitik* atau benthos.

Pergerakan air yang ditimbulkan oleh gelombang dan arus juga memiliki pengaruh yang penting terhadap benthos; mempengaruhi lingkungan sekitar seperti ukuran sedimen, kekeruhan dan banyaknya fraksi debu juga stress fisik yang dialami organisme-organisme dasar. Pada daerah sangat tertutup dimana kecepatan arusnya sangat lemah, yaitu kurang dari 10 cm/dtk, organisme benthos dapat menetap, tumbuh dan bergerak bebas tanpa terganggu sedangkan pada perairan terbuka dengan kecepatan arus sedang yaitu 10-100 cm/dtk menguntungkan bagi organisme dasar; terjadi pembaruan antara bahan organik dan anorganik dan tidak terjadi akumulasi (Wood, 1987).

### **2.4.2. Suhu**

Suhu perairan merupakan parameter fisika yang sangat mempengaruhi pola kehidupan biota akuatik seperti penyebaran, kelimpahan dan mortalitas (Brower *et.al*, 1990). Menurut Sukarno (1981) bahwa suhu dapat membatasi sebaran

hewan makrobenthos secara geografik dan suhu yang baik untuk pertumbuhan hewan makrobenthos berkisar antara 25 - 31 °C. Suhu optimal beberapa jenis Mollusca adalah 20 °C dan apabila melampaui batas tersebut akan mengakibatkan berkurangnya aktivitas kehidupannya (Clark, 1986).

Salah satu adaptasi tingkah laku pada kelas Polychaeta akan berlangsung apabila terjadi kenaikan suhu dan salinitas. Adaptasi tersebut dapat berupa aktivitas membuat lubang dalam lumpur dan membenamkan diri di bawah permukaan substrat. Beberapa Polychaeta dapat bertahan dalam kondisi suhu ekstrim, diantaranya *Capitella capitata* ditemukan dengan kelimpahan 905 ind./m<sup>2</sup> pada suhu 34 °C (Alcantara dan Weiss, 1991).

#### **2.4.3. Salinitas**

Salinitas merupakan ciri khas perairan pantai atau laut yang membedakannya dengan air tawar. Berdasarkan perbedaan salinitas, dikenal biota yang bersifat *stenohaline* dan *euryhaline*. Biota yang mampu hidup pada kisaran yang sempit disebut sebagai biota bersifat *stenohaline* dan sebaliknya biota yang mampu hidup pada kisaran luas disebut sebagai biota *euryhaline* (Supriharyono, 2000).

Keadaan salinitas akan mempengaruhi penyebaran organisme, baik secara vertikal maupun horizontal. Menurut Barnes (1980) pengaruh salinitas secara tidak langsung mengakibatkan adanya perubahan komposisi dalam suatu ekosistem. Menurut Gross (1972) menyatakan bahwa hewan benthos umumnya dapat mentoleransi salinitas berkisar antara 25 – 40 ‰.



Pada kelas Polychaeta termasuk golongan biota yang mampu hidup pada kisaran salinitas yang luas. *Spio* dan *Nereis* mampu hidup pada kisaran salinitas antara 6 – 24 ppt (Burkovskiy dan Stolyarov, 1996 *dalam* Junardi, 2001). *Capitella capitata* terdapat melimpah dengan nilai kelimpahan 1296 ind./m<sup>2</sup> pada kondisi salinitas air 38 ppt (Alcantara dan Weiss, 1991).

Menurut Budiman dan Dwiono (1986) bahwa gastropoda yang bersifat *mobile* mempunyai kemampuan untuk bergerak guna menghindari salinitas yang terlalu rendah, namun bivalvia yang bersifat *sessile* akan mengalami kematian jika pengaruh air tawar berlangsung lama. Selain itu reproduksi dari jenis-jenis gastropoda seperti *Littorina scabra* sangat dipengaruhi oleh salinitas.

#### **2.4.4. pH**

Nilai pH perairan merupakan salah satu parameter yang penting dalam pemantauan kualitas perairan. Organisme perairan mempunyai kemampuan berbeda dalam mentoleransi pH perairan. Kematian lebih sering diakibatkan karena pH yang rendah daripada pH yang tinggi (Pescod, 1973).

Menurut Pennak (1978) bahwa pH yang mendukung kehidupan Mollusca berkisar antara 5,7 – 8,4, sedangkan Marrison *dalam* Hart dan Fuller (1974), bivalvia hidup pada batas kisaran pH 5,8 - 8,3. Nilai pH < 5 dan > 9 menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi kebanyakan organisme makrobenthos (Hynes, 1978).

Effendi (2000) menyatakan bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5.

#### 2.4.5. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut merupakan variabel kimia yang mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan biota air sekaligus menjadi faktor pembatas bagi kehidupan biota. Daya larut oksigen dapat berkurang disebabkan naiknya suhu air dan meningkatnya salinitas. Konsentrasi oksigen terlarut dipengaruhi oleh proses respirasi biota air dan proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Pengaruh ekologi lain yang menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut menurun adalah penambahan zat organik (buangan organik) (Connel dan Miller, 1995).

Pada tingkatan species, masing-masing biota mempunyai respon yang berbeda terhadap penurunan oksigen terlarut dan perbedaan kerentanan biota terhadap tingkat oksigen terlarut yang rendah, misalnya *Capitella sp* pada kelas Polychaeta. Dapat hidup dan mengalami peningkatan biomassa walaupun nilai konsentrasi oksigen terlarut nol (Connel dan Miller, 1995).

#### 2.4.6. Nitrogen dan Fosfor

Nitrogen terdapat di lingkungan perairan dalam bermacam bentuk dan gabungan unsur kimia yang luas. Nitrogen anorganik seperti amonia, nitrit, nitrat dan gas nitrogen biasanya larut dalam air (Connel dan Miller, 1995).

Law *et.al* (1991) dalam Junardi (2001) mengukur kandungan nitrat, nitrit dan amonia di perairan payau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan *N. Diversicolor* pada kelas Polychaeta berkorelasi positif dengan kandungan nitrat

tertinggi 37,2 ppm, nitrit 0,2 ppm dan amonia 0,119 ppm dalam substrat. Fosfor terdapat dalam bentuk oksida tunggal sebagai fosfor anorganik dan fosfor organik. Bentuk anorganik fosfor terutama adalah ortofosfat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) dan polifoafat.

Kelimpahan *N. diversicolor* juga berkorelasi positif dengan tingginya kandungan ortofosfat dalam substrat. Pada kandungan ortofosfat 49,64 ppm ditemukan kelimpahan *N. diversicolor* sebesar 900 ind./m<sup>2</sup>. Sebaliknya saat kandungan ortofosfat turun menjadi 2,64 ppm, kelimpahan *N. diversicolor* juga turun menjadi 340 ind./m<sup>2</sup> (Clavero et.al, 1991 dalam Junardi, 2001).

#### **2.4.7. Substrat Dasar**

Ukuran partikel substrat merupakan salah satu faktor ekologis utama dalam mempengaruhi struktur komunitas makrobentik seperti kandungan bahan organik substrat. Penyebaran makrobenthos dapat dengan jelas berkorelasi dengan tipe substrat. Makrobenthos yang mempunyai sifat penggali pemakan deposit cenderung melimpah pada sedimen lumpur dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi (Nybakken, 1988).

Welch (1952) menjelaskan bahwa substrat di dasar perairan akan menentukan kelimpahan dan komposisi jenis dari hewan benthos. Selanjutnya Odum (1971) menambahkan bahwa jenis substrat dasar merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan organisme benthos.

Pada kelas Polychaeta biasanya banyak dijumpai pada substrat lunak dan berpasir. *Aricidae*, *Armandia* dan *Kinbergonuphis* ditemukan melimpah pada substrat

lunak dan berpasir (Almeida dan Ruta, 1998). Pada penelitian lain pada substrat berpasir kasar, Polychaeta yang melimpah adalah genus *Magelona*, *Goniadides* dan *Eunice* (Brasil dan Silvia, 1998). Selain itu, pada kondisi kandungan pasir 64 % dan C-organik 0,3 %, species yang melimpah adalah *Spio decoratus* sebesar 265 ind./m<sup>2</sup>. Apabila kandungan pasir berkurang menjadi 18 %, maka *S. decoratus* tidak ditemukan. Kelimpahan digantikan oleh *M. Oculata* sebesar 2963 ind./m<sup>2</sup> (Larsen, 1997 dalam Junardi 2001).

Driscoll dan Brandon (1973) menyatakan bahwa distribusi dan kelimpahan jenis Mollusca dipengaruhi oleh diameter rata-rata butiran sedimen, kandungan debu, dan liat, adanya cangkang-cangkang organisme yang telah mati dan kestabilan substrat. Kestabilan substrat dipengaruhi oleh penangkapan kerang secara terus-menerus, dikarenakan substrat teraduk oleh alat tangkap. Kelimpahan dan keanekaragaman jenis epifauna meningkat pada substrat yang banyak mengandung cangkang organisme yang telah mati. Jenis-jenis gastropoda dan bivalvia dapat tumbuh dan berkembang pada sedimen halus, karena memiliki fisiologi khusus untuk dapat beradaptasi pada lingkungan perairan yang memiliki tipe substrat berlumpur.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif kuantitatif yaitu membuat deskripsi obyektif tentang fenomena terbatas dan menentukan apakah fenomena dapat terkontrol melalui beberapa intervensi. Tujuan dari penelitian ini adalah menjelaskan, meramalkan dan/ mengontrol fenomena melalui pengumpulan data terfokus dengan pengukuran obyektif dan analisis numerik.

Sedangkan metode dekriptif yaitu suatu metode dengan sekelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran-gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki (Nazir, 1988).

Metode deskriptif kuantitatif pada penelitian ini dapat dikatakan sebagai penelitian studi kasus yang mana merupakan salah satu dari jenis metode deskriptif. Studi kasus atau penelitian kasus (Case study) adalah penelitian tentang status subyek penelitian yang berkenaan dengan suatu fase spesifik atau khas dari keseluruhan personalitas. Kelemahan dari studi kasus adalah anggota sampel yang terlalu kecil sehingga sulit dibuat inferensi kepada populasi dan studi kasus sangat dipengaruhi

oleh pandangan subyektif dalam pemilihan kasus. Keunggulan dari studi kasus adalah dapat mendukung studi- studi besar dikemudian hari dan studi kasus dapat memberikan hipotesa-hipotesa untuk penelitian selanjutnya. Dan dari segi edukatif, maka studi kasus dapat digunakan sebagai contoh ilustrasi baik dalam perumusan masalah, penggunaan statistik dalam menganalisa data-data dan cara-cara perumusan generalisasi dan kesimpulan (Nazir, 1988).

Sementara penentuan titik-titik sampling yang ada dalam masing-masing stasiun tersebut menggunakan metode "sistematik sampling" yaitu anggota sampel diambil populasi pada jarak interval waktu, ruang dan urutan yang seragam, dengan asumsi populasi yang padat dan jarang dapat terwakilkan. Metode pengambilan sampel yang digunakan dalam penentuan stasiun ini adalah dengan menggunakan metode "random sampling" artinya semua elemen mendapatkan kesempatan yang sama untuk terpilih menjadi sampel (Nazir, 1988).

### **3.2. Metode Pengumpulan Data**

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara observasi/pengamatan langsung ke lapangan sedangkan data sekunder berupa data-data statistik yang berhubungan dengan penelitian. Adapun keterbatasan data sekunder adalah data hasil analisis.

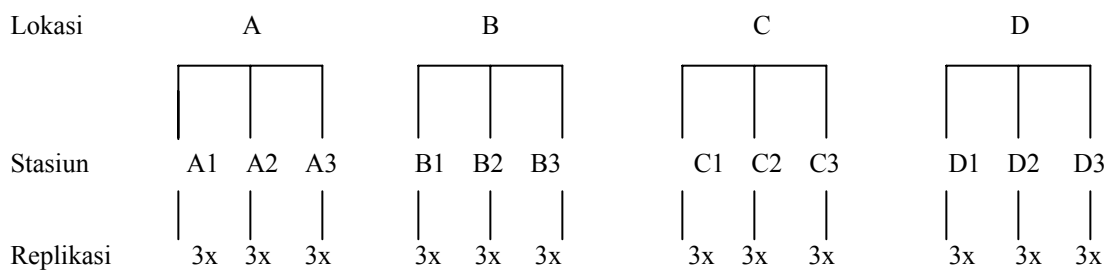
### **3.3. Deskripsi Lokasi**

Penelitian ini dilakukan di empat lokasi sepanjang pantai kota Bandar Lampung yang mewakili berbagai aktivitas di kota tersebut (Tabel 2). Keempat lokasi tersebut adalah industri batubara dimana industri ini mengelola batubara yang akan diekspor ke dalam maupun ke luar negeri; kedua adalah pelabuhan dimana tempat tertambatnya kapal- kapal; ketiga adalah pemukiman penduduk yang mewakili pembuangan limbah rumah tangga seperti pembuangan sampah dengan sembarangan; dan keempat adalah pariwisata dengan pembuangan dari kapal- kapal seperti ceceran minyak, olah raga jet sky dan sampah dari wisatawan.

#### **3.3.1. Penentuan stasiun**

Stasiun pengambilan sampel dipilih dengan melihat pemanfaatan pantai dengan harapan ada hubungan representatif antara faktor lingkungan dengan komunitas hewan makrobenthos. Stasiun tersebut merupakan kawasan di sepanjang pantai kota Bandar Lampung dan masih berada dalam daerah intertidal atau daerah pasang surut. Secara keseluruhan terdapat 12 stasiun yang masuk dalam 4 lokasi dengan tingkat pemanfaatan yang berbeda-beda yaitu : (1) Industri Batubara, Tarahan yang merupakan salah satu aktivitas industri, (2) Pelabuhan Panjang, dengan lahan pantai sebagai pelabuhan, (3) Pemukiman Pulau Pasaran yang merupakan pemukiman masyarakat nelayan, dan (4) Duta Wisata yang merupakan salah satu daerah wisata yang ada di kota Bandar Lampung. Masing-masing lokasi ditetapkan

tiga (3) titik stasiun yang telah ditentukan. Pada stasiun A merupakan lokasi industri batubara, stasiun B merupakan lokasi pelabuhan niaga, stasiun C merupakan lokasi pemukiman, dan stasiun D merupakan lokasi pariwisata. Penjelasaannya dapat dilihat pada gambar 2. Posisi stasiun ditetapkan berdasarkan GPS (*Global Positioning System*) Garmin II<sup>+</sup> (tabel 2).



Gambar 3. Skema pengambilan sampel

Tabel 2. Posisi lintang dan bujur stasiun penelitian

| Lokasi | Stasiun | Lintang Selatan (LS) | Bujur Timur (BT) |
|--------|---------|----------------------|------------------|
| (A)    | A1      | 05° 30' 74,1"        | 105° 20' 52,2"   |
|        | A2      | 05° 30' 80,5"        | 105° 20' 56,1"   |
|        | A3      | 05° 31' 05,0"        | 105° 20' 76,0"   |
| (B)    | B1      | 05° 27' 65,0"        | 105° 18' 67,2"   |
|        | B2      | 05° 27' 56,4"        | 105° 18' 71,0"   |
|        | B3      | 05° 27' 42,7"        | 105° 18' 63,7"   |
| (C)    | C1      | 05° 27' 85,4"        | 105° 15' 97,4"   |
|        | C2      | 05° 27' 72,1"        | 105° 15' 83,3"   |
|        | C3      | 05° 27' 93,7"        | 105° 15' 83,6"   |
| (D)    | D1      | 05° 28' 67,1"        | 105° 15' 18,1"   |
|        | D2      | 05° 28' 85,6"        | 105° 15' 23,0"   |
|        | D3      | 05° 28' 97,0"        | 105° 15' 25,5"   |

### 3.3.2. Pengambilan sampel

Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara komposit yang diambil dari bagian permukaan, tengah dan dasar perairan dengan menggunakan *Kemmerer Water*



*Sampler*. Metode pengambilan sampel air baik secara fisik, kimia dan biologi dapat dilihat pada tabel 3.

Untuk prosedur pengambilan sampel hewan makrobenthos berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Sander (1968) :

1. Teknik sampling yang sama untuk semua area
2. Perbandingan didasari atas persamaan dan ukuran sampel
3. keseragaman dari komposisi sampel
4. Sampel berasal dari habitat yang sama

Pengambilan sampel dilakukan pada waktu surut terendah dengan alasan agar mempermudah dalam pengambilan sampel dan tidak terkendala dengan arus serta gelombang . Sampel hewan makrobenthos diambil dengan menggunakan pipa pralon yang sudah dimodifikasi dengan diameter 6 cm dan panjang 20 cm. Sampel yang telah didapat selanjutnya disaring dengan saringan yang bermata saring 1,0 x 1,0 mm. Hasil penyaringan diberi larutan formalin 4 % yang telah dicampur dengan pewarna *Rose Bengal*. Makrobenthos yang didapat dimasukkan ke larutan alkohol 70 % dan kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop binokuler. Khusus untuk substrat, pengukuran dilakukan pada saat pengambilan sampel pertama.

### **3.3.3. Parameter yang diamati**

Parameter yang diamati meliputi parameter fisik, kimia dan biologi. Parameter yang diukur secara *in situ* adalah suhu, salinitas, dan oksigen terlarut,

selebihnya diukur di laboratorium tanpa pengulangan. Pengamatan parameter fisik meliputi suhu air, kecepatan arus, kecerahan, padatan tersuspensi, dan tekstur sediman (substrat). Sedangkan parameter kimia yang diamati adalah pH, salinitas, BOD, DO, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), fosfat total. Kemudian parameter biologi yang diamati adalah struktur komunitas dari hewan makrobenthos (tabel 3).

Tabel 3. Parameter fisika, kimia dan biologi yang diukur

| Parameter  | Satuan   | Alat   | Metode  |
|--|--|--|---|
| <b>Fisika</b><br>Suhu air<br>Kecepatan arus<br>Kecerahan<br>Padatan tersuspensi<br>Tekstur substrat  | $^{\circ}\text{C}$<br>cm/dtk<br>cm<br>mg/l<br>%        | Termometer<br>Current meter, tali, stopwach<br>Secchi disk<br>Gravimetrik<br>Hidrometer ASTM 152 H                                     | Pemuaian<br>Pembacaan visual<br>Pembacaan visual<br>Gravimetrik<br>Hidrometer   |
| <b>Kimia</b><br>pH<br>Salinitas<br>BOD<br>DO<br>Nitrit ( $\text{NO}_2$ )<br>Nitrat ( $\text{NO}_3$ )<br>Amonia ( $\text{NH}_3$ )<br>Fosfat total | -<br>‰<br>mg/l<br>mg/l<br>mg/l<br>mg/l<br>mg/l<br>mg/l | pH meter<br>Hand-refraktometer<br>DO meter<br>DO meter<br>Spektrofotometer<br>Spektrofotometer<br>Spektrofotometer<br>Spektrofotometer | Potensiometrik<br>Indeks refraksi<br>Potensiometrik<br>Potensiometrik<br>Colorimetrik<br>Colorimetrik<br>Colorimetrik<br>Colorimetrik |
| <b>Biologi</b><br>Hewan<br>Makrobenthos  | Ind/ $\text{m}^3$                                      | Pralon   | Sorting   |

### 3.4. Analisis Data

#### 3.4.1. Analisis struktur komunitas hewan makrobenthos

Analisis struktur komunitas hewan makrobenthos meliputi analisis keragaman jenis (*species richness*), indeks keanekaragaman jenis ( $H'$ ), indeks keseragaman, kelimpahan dan biomassa. Penggunaan analisis struktur komunitas hewan makrobenthos mempunyai kelemahan yaitu harus mengidentifikasi sampai tahap species dan dari segi sampling bila tidak ditemukan biota maka tidak dapat dihitung.

Penggunaan makrobenthos sebagai indikator kualitas perairan dikaji dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) dan dihitung pula indeks kesamaannya ( $E$ ). Rumusnya adalah:

a) Indeks Keanekaragaman ( $H'$ )

Indeks keanekaragaman ( $H'$ ) menggambarkan keadaan populasi organisme secara matematis agar mempermudah dalam menganalisis informasi jumlah individu masing-masing jenis pada suatu komunitas. Untuk itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan dari Shannon-Wiener (Krebs, 1989)

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Keterangan :

$H'$  = indeks keanekaragaman jenis

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = jumlah individu jenis  $i$

$s$  = jumlah genus

Kategori Nilai keanekaragaman suatu populasi menurut Odum (1971) dengan kriteria :  $0,2 \leq H' \leq 3,0$  dengan keanekaragaman rendah ; keanekaragaman populasi sedang; sampai keanekaragaman tinggi.

b) Indeks keseragaman

Keseragaman adalah komposisi jumlah individu dalam setiap genus yang terdapat dalam komunitas. Keseragaman didapat dengan membandingkan indeks keanekaragaman dengan nilai maksimumnya.

Keseragaman dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{H'}{H_{maksimum}}$$

Keterangan :

E = Indeks Keseragaman populasi

H' = Indeks Keanekaragaman

H' mak = Indeks Keanekaragaman maksimum / ln S

Nilai keseragaman suatu populasi akan berkisar antara 0 – 1 dengan kriteria :  $0,4 \leq E \leq 0,6$  dengan keseragaman populasi kecil; Keseragaman populasi sedang; sampai keseragaman tinggi (Brower *et.al*, 1990).

c) Kelimpahan hewan Makrobenthos

Kelimpahan individu makrobenthos didenifisikan sebagai jumlah individu species setiap stasiun dalam satuan kubik. Kelimpahan individu makrobenthos dihitung dengan rumus :

$$\text{Volume pralon} = \pi r^2 t$$

$$\text{Volume seluruh biota} = \text{Volume pralon dam (m}^3\text{)} \times n \text{ ulangan}$$

$$\text{Konversi jumlah Biota} = \frac{1}{\text{vol.seluruh.biota}}$$

Kelimpahan (ind./ m<sup>3</sup>) = konversi jumlah biota x ni (jml individu jenis i)

d) Kelimpahan Relatif ( KR)

$$KR = \frac{ni}{N} \times 100\%$$

Keterangan : KR = kelimpahan relatif  
 ni = jumlah individu  
 N = jumlah total individu

e) Pengukuran Biomassa

Pengukuran biomassa menggunakan timbangan elektrik setelah melalui proses pengeringan.

### **3.4.2. Hubungan antara kualitas fisik-kimia air dan sedimen dengan hewan makrobenthos**

Hubungan antar variabel kualitas air dari tiap-tiap stasiun dideterminasikan dengan menggunakan pendekatan analisis statistika multivariabel yang didasarkan pada Analisis Biplot (Bengen, 1998) dengan program SAS. Begitu pula dengan analisis kuantitatif antara hewan makrobenthos dengan substrat dari tiap-tiap stasiun.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Gambaran Umum Lokasi penelitian**

Lokasi penelitian di perairan pantai kota Bandar Lampung adalah  $5^{\circ} 20' \text{ LS} - 5^{\circ} 0' \text{ LS}$  dan  $105^{\circ} 28' \text{ BT} - 105^{\circ} 37' \text{ BT}$ . Ciri khas lahan dari pantai kota Bandar Lampung adalah sudah berubah fungsi dari pemanfaatan untuk pelabuhan, pemukiman, pariwisata sampai industri. Ciri substrat dari pantai ini adalah berupa pasir, pecahan organisme laut dan lumpur. Secara fisik pantai berupa pasir putih, putih kekuningan, halus-kasar dan daya dukung pantai ini rendah. Proses geologi yang terjadi adalah abrasi pantai dan sedimentasi pantai akibat pemanfaatan lahan pantai dan sedimentasi dari muara-muara sungai. Upaya yang sudah dilakukan oleh pemerintah adalah kegiatan reklamasi pantai.

Aktivitas-aktivitas yang ada di kota Bandar Lampung adalah industri, pelabuhan, pemukiman dan pariwisata. Salah satu industri yang dipakai dari penelitian ini adalah industri batubara. Industri ini mengelola batubara yang dikirim dari Tambang Air Laya, Sumatra Selatan dengan tingkat produksi pada tahun 2000 adalah sebesar 12 juta ton/tahun. PT. Tambang Batubara Bukit Asam hingga saat ini memiliki dua lokasi penimbunan akhir yakni Terminal Tarahan Kertapati (Palembang) dan Terminal Tarahan (Bandar Lampung). Kemudian batubara tersebut diekspor ke luar negeri. Sumber limbah yang dibuang dari industri tersebut adalah

limbah cair yang berasal dari bongkaran muatan batubara pada umumnya bersumber dari limpasan harian batubara di kolam pengendapan, pemuatan batubara ke kapal yang juga mempengaruhi komponen fisik-kimia air laut, selain itu debu yang dihasilkan dalam kegiatan penimbunan batubara dalam *stockpile* dapat mempengaruhi kelestarian pantai karena dapat menutupi substrat.

Aktivitas pelabuhan yang ada di kota Bandar Lampung adalah Pelabuhan Panjang dengan limbah yang dibuang berupa limbah air balast, ceceran minyak dari kapal-kapal, peletakan jangkar dan bersih-bersih kapal yang dapat mempengaruhi komunitas hewan makrobenthos.

Di sepanjang pantai kota Bandar Lampung terdapat pemukiman yang cukup padat, dimana pemukiman ini secara langsung ataupun tidak langsung telah memberikan sumbangan limbah berupa limbah rumah tangga dan menyebabkan abrasi pantai. Biasanya pemukiman yang di dekat pantai pondasinya terbuat dari terumbu karang. Di area pemukiman ini terdapat juga industri rumah tangga seperti pembuatan ikan asin.

Aktivitas pariwisata yang terdapat di pantai kota Bandar Lampung secara tidak langsung telah merusak habitat yang ada di pantai dengan membuang sampah sembarangan dan menginjak-injak substrat sehingga mengganggu biota yang hidup dan menetap di atas substrat ataupun yang di dalamnya.

## 4.2. Hasil

### 4.2.1. Komposisi hewan makrobenthos

Selama penelitian di perairan pantai kota Bandar Lampung, telah ditemukan beberapa jenis (species) hewan makrobenthos yang terdiri dari empat (4) kelas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Komposisi makrobenthos pada beberapa lokasi penelitian

| No. | Species                     | A |   |   |      | B |   |   |      | C |   |   |      | D |   |   |      |
|-----|-----------------------------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|
|     |                             | 1 | 2 | 3 | FR   | 1 | 2 | 3 | FR   | 1 | 2 | 3 | FR   | 1 | 2 | 3 | FR   |
|     | <b>Polychaeta</b>           |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |
| 1.  | <i>Capitella capitata</i>   | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  |
| 2.  | <i>Nereis granulata</i>     | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  |
| 3.  | <i>Polydora ciliata</i>     | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  | + | + | + | 100  | + | - | - | 33,3 |
| 4.  | <i>Prionospio pinnata</i>   | + | + | + | 0    | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
| 5.  | <i>Prionospio ehlersi</i>   | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  |
| 6.  | <i>Despio magna</i>         | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | - | + | - | 33,3 | + | + | + | 100  |
| 7.  | <i>Cirriformia punctata</i> | + | + | + | 100  | + | - | + | 66,7 | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    |
| 8.  | <i>Nephtys macroura</i>     | - | - | - | 0    | + | - | - | 33,3 | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
| 9.  | <i>Glycera unicolor</i>     | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  |
| 10. | <i>Magelona capensis</i>    | - | - | - | 0    | + | + | - | 66,7 | + | + | + | 100  | - | - | + | 33,3 |
| 11. | <i>Diopatra cuprea</i>      | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | - | + | 66,7 | - | - | - | 0    |
| 12. | <i>Scoloplos uniramus</i>   | + | + | + | 100  | - | - | + | 33,3 | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
| 13. | <i>Armandia longicauda</i>  | - | - | - | 0    | - | + | + | 66,7 | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
|     | <b>Bivalvia</b>             |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |
| 14. | <i>Lingula</i> sp           | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    | + | - | + | 66,7 |
| 15. | <i>Tellina venusa</i>       | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
| 16. | <i>Tellina</i> sp           | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | + | - | 66,7 |
| 17. | <i>Nucula</i> sp            | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  |
|     | <b>Sipunculidea</b>         |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |
| 18. | <i>Sipunculus nudus</i>     | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | - | + | 66,7 | + | + | + | 100  |
|     | <b>Crustacea</b>            |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |
| 19. | <i>Gammarus</i> sp          | - | + | + | 66,7 | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
| 20. | <i>Gammarus lacusta</i>     | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  | - | + | + | 66,7 |
| 21. | <i>Byblis longicornis</i>   | - | - | - | 0    | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    | - | - | - | 0    |
| 22. | <i>Oedicerus saginatus</i>  | - | - | - | 0    | + | + | - | 66,7 | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    |
| 23. | <i>Photis longicauda</i>    | + | + | + | 100  | - | - | + | 33,3 | + | + | + | 100  | - | - | - | 0    |

Sumber: Data Primer, Desember 2006

Keterangan: + : ada

- : tidak ada

A = Industri Batubara

C = Pemukiman penduduk

B = Pelabuhan Niaga

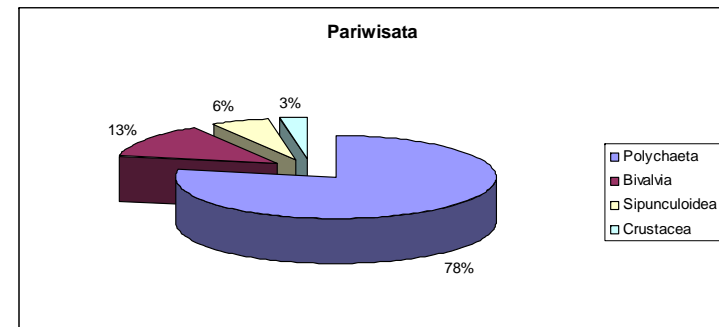
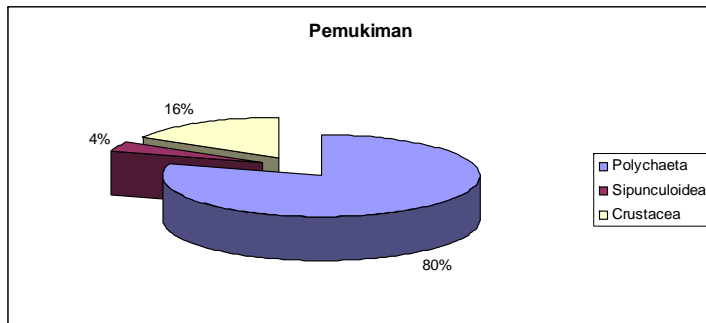
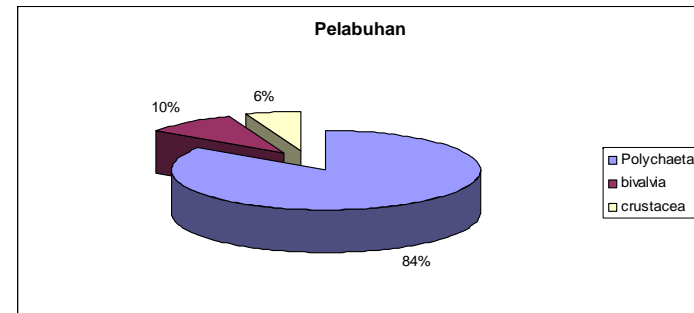
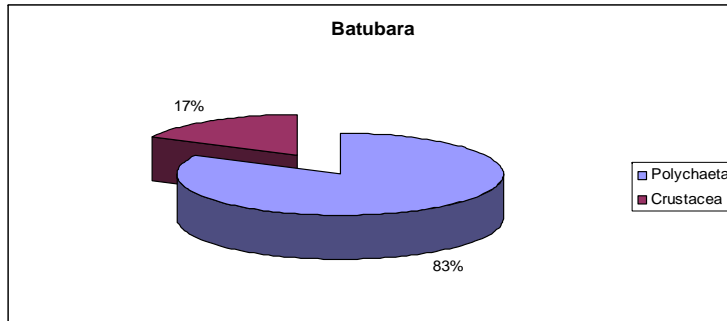
D = Pariwisata

FR = frekuensi relatif/ frekuensi kemunculan (100%)



Ke empat kelas tersebut meliputi Polychaeta (13 species) yaitu *Capitella capitata*, *Nereis granulata*, *Polydora ciliata*, *Prionospio pinnata*, *Prionospio ehlersi*, *Despio magna*, *Cirriformia punctata*, *Nephtys macroura*, *Glycera unicolor*, *Magelona capensis*, *Diopatra cuprea*, *Scoloplos uniramus*, *Armandia longicauda* ; Bivalvia (4 species) yaitu *Lingula* sp, *Tellina venusa*, *Tellina* sp, *Nucula* sp ; Sipunculoidea (1 species) yaitu *Sipunculus nudus* dan Crustacea (5 species) yaitu *Gammarus* sp, *Gammarus lacusta*, *Byblis longicornis*, *Oedicerus saginatus*, *Photis longicauda* (tabel 4). Dari ke empat kelas tersebut yang mempunyai kelimpahan tertinggi adalah kelas Polychaeta karena hewan ini selalu ditemukan pada setiap lokasi penelitian yaitu industri batubara, pelabuhan, pemukiman penduduk, dan pariwisata.

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa kemunculan 100% hewan makrobenthos dari species *Capitella capitata* dan *Nereis granulata* selalu ditemukan di semua lokasi, baik yang di industri batubara, pelabuhan, pemukiman maupun pariwisata. Pada gambar 3. terlihat bahwa dari keempat lokasi tersebut kelas Polychaeta menempati posisi tertinggi dalam struktur komunitas hewan makrobenthos.



Gambar 4. Diagram komposisi kelas dari setiap lokasi penelitian bulan Desember 2006

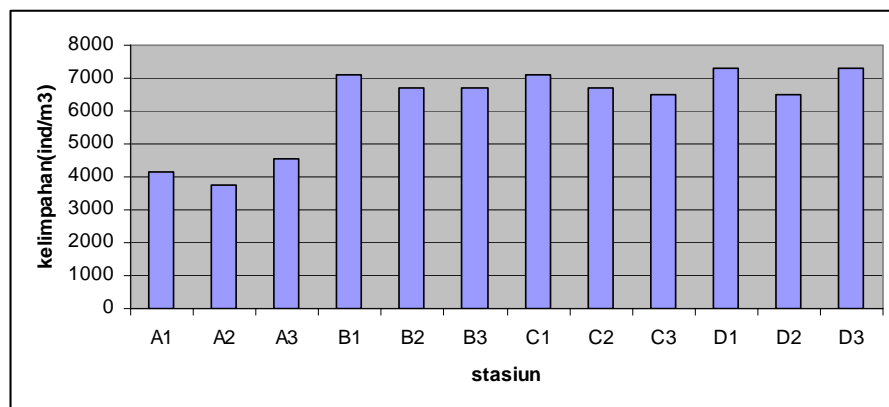
#### 4.2.2. Indeks keanekaragaman, keseragaman, kelimpahan dan biomassa.

Dari identifikasi dan penghitungan jumlah populasi masing-masing species pada semua lokasi penelitian dengan masing-masing 3 stasiun pengamatan, dilanjutkan dengan analisis indeks keanekaragaman ( $H'$ ), indeks keseragaman ( $E$ ), kelimpahan, dan biomassa, dengan hasil lengkap dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar Histogram dibawah ini.

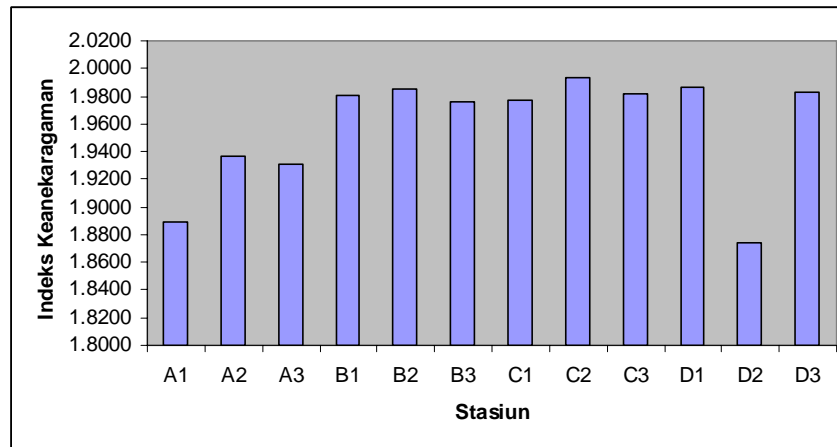
Tabel 5. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, kelimpahan dan biomassa pada beberapa lokasi penelitian

| Lokasi | Titik sampling | Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ) | Indeks Keseragaman ( $E$ ) | Kelimpahan (ind./m <sup>3</sup> ) | Biomassa (gram) |
|--------|----------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| (A)    | A1             | 1,889                          | 0,971                      | 4130                              | 0,925           |
|        | A2             | 1,937                          | 0,932                      | 3737                              | 0,939           |
|        | A3             | 1,931                          | 0,929                      | 4523                              | 0,959           |
| (B)    | B1             | 1,980                          | 0,826                      | 7473                              | 2,040           |
|        | B2             | 1,985                          | 0,862                      | 6490                              | 2,001           |
|        | B3             | 1,976                          | 0,824                      | 6097                              | 1,771           |
| (C)    | C1             | 1,977                          | 0,858                      | 7473                              | 3,586           |
|        | C2             | 1,993                          | 0,907                      | 6293                              | 2,302           |
|        | C3             | 1,982                          | 0,861                      | 6687                              | 3,309           |
| (D)    | D1             | 1,987                          | 0,863                      | 7277                              | 2,704           |
|        | D2             | 1,874                          | 0,853                      | 6490                              | 2,607           |
|        | D3             | 1,983                          | 0,861                      | 6687                              | 2,287           |

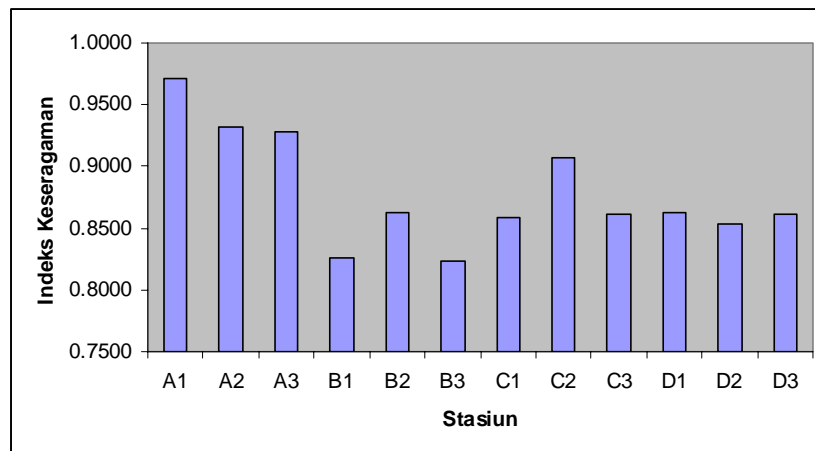
Sumber : Data primer, Desember 2006



Gambar 5. Histogram nilai kelimpahan (ind/m<sup>3</sup>) hewan makrobenthos



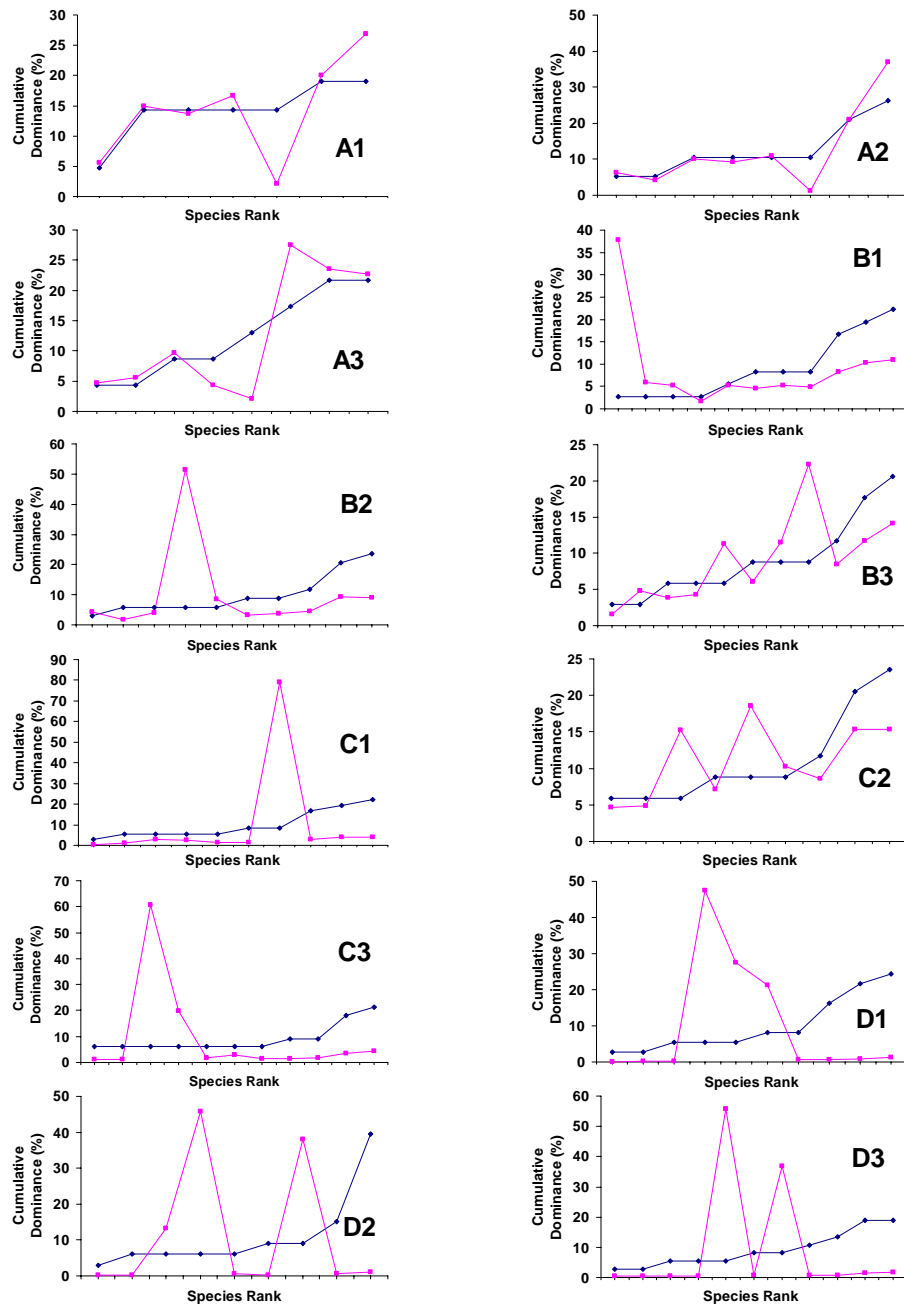
Gambar 6. Histogram Nilai indeks keanekaragaman ( $H'$ ) makrobenthos



Gambar 7. Histogram nilai indeks keseragaman (E) makrobenthos

Keterangan : A : Batubara , B : Pelabuhan , C : Pemukiman  
D : Pariwisata , 1, 2, 3 : Stasiun

Pengamatan dan perhitungan antara biomassa dan kelimpahan yang menghasilkan kurva ABC atau k- dominance curve antara kedua variabel tersebut yang disajikan pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Kurva ABC antara biomassa dengan kelimpahan  
 Keterangan : A : Batubara , B : Pelabuhan , C : Pemukiman  
 D : Pariwisata , 1, 2, 3 : Stasiun

—♦— abundance —■— biomassa

#### 4.2.3. Kualitas air

Dalam pengukuran kualitas air, parameter fisika dan kimia yang diukur adalah DO, BOD, Nitrit, Nitrat, Amonia, Phosphat, Suhu, Salinitas, TSS dan pH. Baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004 untuk kehidupan organisme akuatik. Hasil pengukuran kualitas air di empat lokasi seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kisaran nilai hasil pengukuran kualitas air

| Parameter          | Lokasi          |                |                           |                |                |                            | Baku mutu untuk Biota laut |
|--------------------|-----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------------------|
|                    | A               | B              | Baku mutu untuk Pelabuhan | C              | D              | Baku Mutu Untuk Pariwisata |                            |
| DO (mg/l)          | 5,74 – 6,03     | 5,1 – 5,78     | -                         | 4,8 – 7,3      | 5,20 – 6,3     | >5                         | ≥ 5                        |
| BOD (mg/l)         | 2,33 – 2,47     | 2,32 – 3,05    | -                         | 2,1 – 2,7      | 1,35 – 2,52    | 10                         | <20                        |
| Nitrit (mg/l)      | 0,0036 – 0,0135 | 0,015 – 0,025  | -                         | 0,125 – 0,225  | 0,0368 – 0,076 | -                          | -                          |
| Nitrat (mg/l)      | 0,0013 – 0,0305 | 0,03 – 0,032   | -                         | 0,005 – 0,023  | 0,00 – 0,003   | 0,008                      | < 0,008                    |
| Amonia (mg/l)      | 0,014 – 0,018   | 0,52 – 1,168   | 0,3                       | 0,0137 – 0,253 | 0,0118 – 0,287 | -                          | <0,3                       |
| Phosphat (mg/l)    | 0,0078 – 0,274  | 0,0018 – 0,012 | -                         | 0,0098 – 0,102 | 0,0074 – 0,024 | 0,015                      | <0,1                       |
| Suhu               | 29 – 30         | 30 – 30,5      | Alami ± 2 °C              | 28,5 – 31,4    | 29 – 30,3      | Alami ± 2 °C               | 28-30                      |
| Salinitas          | 32 – 33         | 31             | Alami                     | 31 – 33        | 33 – 34        | Alami                      | 33-34                      |
| pH                 | 7,96 – 8,06     | 8,13 – 8,24    | 6,5 – 8,5                 | 7,99 – 8,18    | 8,13 – 8,24    | 7 – 8,5                    | 7-8,5                      |
| TSS (mg/l)         | 0,368 – 0,416   | 0,297 – 0,317  | 80                        | 0,44 – 0,463   | 0,5 – 0,545    | 20                         | < 20                       |
| Kec. Arus (cm/det) | 29 – 30         | 57 – 61        | -                         | 38 – 43        | 46 – 48        | -                          | -                          |

#### 4.2.4. Substrat

Hasil pengukuran tekstur substrat secara keseluruhan disajikan pada tabel 7. Tekstur substrat dikelompokkan berdasarkan grafik segitiga Shepard dan diperoleh tiga tipe substrat yaitu pasir, lumpur dan liat. Pada umumnya lokasi pengamatan memiliki tipe kandungan substrat pasir. Kandungan pasir tertinggi terdapat di lokasi pariwisata, batubara dan 2 stasiun di lokasi pemukiman. Sedangkan kandungan lumpur yang tertinggi terdapat di lokasi pelabuhan dan di salah satu stasiun di lokasi pemukiman (C2). Substrat lumpur banyak dijumpai di stasiun-stasiun yang dekat dengan pembuangan, terutama di lokasi pemukiman (C2). Dimana tempat ini selain sebagai tempat pembuangan limbah rumah tangga, digunakan juga sebagai tempat pembuangan limbah TPI dan pembuatan ikan asin di daerah tersebut.

Tabel 7. Prosentase pasir, lumpur dan liat pada substrat di perairan pantai kota Bandar Lampung

| Lokasi | Stasiun | Fraksi ( % ) |        |      |        | Klasifikasi segitiga Shepard |
|--------|---------|--------------|--------|------|--------|------------------------------|
|        |         | Pasir        | Lumpur | Liat | Gravel |                              |
| (A)    | 1       | 97           | 3,00   | -    | -      | Pasir                        |
|        | 2       | 98,50        | 1,10   | -    | 0,40   | Pasir                        |
|        | 3       | 89,30        | 10,70  | -    | -      | Pasir                        |
| (B)    | 1       | 6,00         | 89,83  | 4,17 | -      | Lumpur                       |
|        | 2       | 12,40        | 83,43  | 4,17 | -      | Lumpur                       |
|        | 3       | 4,00         | 90,44  | 5,56 | -      | Lumpur                       |
| (C)    | 1       | 87,40        | 10,70  | -    | 1,90   | Pasir                        |
|        | 2       | 16,40        | 78,04  | 5,56 | -      | Lumpur berpasir              |
|        | 3       | 73,30        | 10,90  | -    | 15,80  | Pasir                        |
| (D)    | 1       | 90,30        | 9,70   | -    | 15,00  | Pasir                        |
|        | 2       | 90,30        | 9,70   | -    | 14,00  | Pasir                        |
|        | 3       | 89,40        | 9,60   | -    | 10,00  | Pasir                        |

Sumber : Data primer, 2006

### 4.3. Pembahasan

#### 4.3.1. Komposisi dan kelimpahan hewan makrobenthos

Hasil penelitian keempat lokasi ditemukan hewan makrobenthos sebanyak 23 jenis dari empat kelas yang meliputi Polychaeta (13 species), Bivalvia (4 species), Sipunculoidea (1 species) dan Crustacea (5 species) (tabel 4). Dari keempat kelas tersebut yang mempunyai frekuensi kemunculan tertinggi adalah kelas Polychaeta karena hewan ini selalu ditemukan pada setiap lokasi penelitian yaitu industri batubara, pelabuhan niaga, pemukiman penduduk, dan pariwisata.

Seperti pada tabel 4, species *Capitella capitata* dan *Nereis granulata* dari kelas Polychaeta selalu muncul di seluruh stasiun penelitian dengan mendapatkan 100 %, sedangkan species *Polydora ciliata* terdapat di seluruh lokasi tapi frekuensi kemunculannya tidak selalu 100 % hanya pada lokasi pariwisata stasiun 2 dan 3 tidak ditemukan species ini. Species lain kemunculannya tidak merata baik pada stasiun maupun dari frekuensi. Banyak species yang didapatkan pada stasiun tertentu namun tidak dijumpai pada stasiun lainnya. Perbedaan frekuensi kemunculan ini diduga perbedaan habitat yang disukai oleh hewan makrobentos itu sendiri.

Pada gambar 4 terlihat komposisi kelas di setiap lokasi penelitian, di mana pada lokasi industri batubara hanya didapat 2 kelas yaitu kelas Polychaeta dan Crustacea dengan komposisi 83 % dan 17 %. Pada lokasi pelabuhan terdapat 3 kelas yaitu Polychaeta 84 % , Bivalvia 10 % dan Crustacea 6 %. Lokasi pemukiman terdapat 3 kelas yaitu Polychaeta 80 %, Sipunculidea 4 % dan



Crustacea 16 %. Sedangkan pada lokasi Pariwisata terdapat 4 kelas yaitu Polychaeta 78 %, Bivalvia 13 %, Sipunculidea 6 % dan Crustacea 3 %. Sehingga terlihat bahwa di setiap lokasi, kelas Polychaeta menempati posisi terbesar dalam struktur komunitas hewan makrobenthos.

Komposisi kelas Polychaeta yang didapat di setiap lokasi lebih besar daripada komposisi kelas lainnya dan kondisi ini seperti pendapat Sanders (1968), yang menyatakan bahwa pada umumnya komposisi hewan makrobenthos di segala area terdiri dari kelompok Polychaeta 50 – 60 %, sedangkan sisanya adalah Mollusca, Crustacea dan Echinodermata.

Pada gambar diagram komposisi kelas, terlihat bahwa lokasi batu bara paling rendah komposisinya daripada lokasi lainnya. Pada lokasi ini hanya terdapat dua kelas yaitu Polychaeta dan Crustacea hal ini diduga karena kondisi fisik lingkungan yang mempengaruhinya seperti tercecernya batubara yang menutupi substrat sehingga mengganggu struktur komunitas makrobenthos. Sedangkan komposisi tertinggi terdapat di lokasi pariwisata dimana terdapat empat kelas yaitu Polycheta, Bivalvia, Sipunculoidea dan Crustacea. Kelas Sipunculoidea hanya terdapat di lokasi pemukiman dan pariwisata hal ini dikarenakan kelas Sipunculoidea hidup dipasir atau membuat lubang pada batu-batuan atau batu karang sehingga banyak ditemukan di lokasi pemukiman dan pariwisata yang bersubstrat pasir.

Menurut Brower *et.al* (1990) jenis substrat sangat menentukan kepadatan dan komposisi hewan benthos. Sedangkan Welch (1952) menjelaskan bahwa substrat di dasar perairan akan menentukan kelimpahan dan komposisi jenis dari

hewan benthos. Selanjutnya Odum (1971) menambahkan bahwa substrat tanah dasar ataupun jenis tekstur tanah merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan organisme.

Pada lokasi batubara memiliki tipe kandungan substrat pasir dari yang halus sampai kasar dan bercampur dengan butiran-butiran batubara. Di lokasi ini ditemukan 2 komposisi kelas yaitu Polycheta dan Crustacea. Rendahnya komposisi ini diduga akibat butiran-butiran batubara yang menutupi substrat dasar sehingga hanya biota- biota tertentu yang dapat hidup di lokasi tersebut .

Pada lokasi pelabuhan, pemukiman dan pariwisata memiliki tipe kandungan substrat lumpur, pasir berlumpur sampai pasir yang bercampur batuan kerikil. Menurut Odum (1971) Substrat dasar berupa batu-batu pipih dan batuan kerikil merupakan lingkungan yang baik bagi hewan makrobenthos, sehingga mempunyai kepadatan dan keanekaragaman yang tinggi. Sedangkan menurut Driscoll dan Brandon (1973) Jenis dari kelas gastropoda dan bivalvia dapat tumbuh dan berkembang pada tipe substrat berlumpur karena memiliki alat fisiologi khusus seperti *siphon* yang panjang. Itulah sebabnya komposisi di tiga lokasi ini lebih besar daripada di batubara.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa di antara species dari kelas Polychaeta yang mempunyai kelimpahan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan phylum Molusca dan kelas Crustacea (lampiran 1). Polychaeta mempunyai nilai kelimpahan relatif diatas 60 % sedangkan Molusca antara 10,58 – 14,08 %, dan Crustacea berkisar antara 17,46 – 19,417 %. Dari jenis Polychaeta yang selalu ditemukan pada setiap lokasi penelitian adalah *Capitella capitata* dan *Nereis*

*granulata* dengan jumlah individunya paling banyak (tabel 5 dan lampiran 1). Kelimpahan makrobenthos yang cukup tinggi hanya ditemukan pada lokasi pelabuhan dan pemukiman terutama pada B1 dan C1 sebesar 7473 ind./m<sup>3</sup>. Sedangkan kelimpahan individu terendah terdapat pada lokasi batubara terutama pada B2 sebesar 3737 ind./m<sup>3</sup> (gambar 5). Kelimpahan yang rendah di lokasi batubara diduga akibat batubara yang tercecer di atas substrat sehingga hanya species tertentu yang dapat melimpah di lokasi tersebut.

Kelas Polychaeta mempunyai frekuensi kemunculan yang tinggi di setiap stasiun pengamatan, hal ini menunjukkan bahwa hewan ini mempunyai kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Kelas ini dapat hidup pada bermacam-macam tipe habitat berupa substrat berlumpur, berpasir, dan berbatu-batu dan fungsinya sebagai dekomposer (Almeida dan Ruta, 1998). Cognetti dan Maltagliati (2000) juga menyatakan bahwa Polychaeta jenis *Nereis* merupakan hewan perairan yang mampu beradaptasi terhadap perubahan salinitas serta toleran terhadap kandungan oksigen rendah, kandungan logam berat pada konsentrasi yang cukup tinggi di sedimen dan perubahan suhu yang ekstrim. Selanjutnya dikatakan bahwa *Nereis* juga mempunyai peluang makan yang lebih banyak dibandingkan genus lain yang memiliki kisaran tempat makan dan ruang gerak lebih sempit, karena hewan ini bersifat omnivora.

*Capitella* merupakan species yang dapat ditemukan di setiap lokasi penelitian juga mempunyai kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi yang ekstrim dengan DO rendah dan H<sub>2</sub>S yang tinggi karena species ini termasuk species terpilih r klasik; species ini mampu bereproduksi baik dengan larva

planktonik maupun larva benthik, memiliki siklus hidup pendek, dan mencapai kedewasaan dari telur dalam waktu kurang lebih tiga minggu. Oleh karena itu species ini secara terus menerus memenuhi kembali sedimen yang terkena pencemaran. *Capitella* tidak menggunakan toleransi sebagai strategi adaptive tetapi beradaptasi terhadap gangguan terus menerus dengan cara bereproduksi sepanjang tahun atau siklus hidup pendek (Gray, 1979). Menurut Cognetti dan Maltagliati (2000) Species-species ini memiliki kemampuan dalam menyerap bahan organik terlarut, mereka selalu bergerak aktif dan mencari makan di permukaan substrat.

Dari hasil penelitian ini terdapat dua species yang dapat dijadikan indikator perairan tersebut tercemar atau tidak. Species tersebut adalah *Capitella capitata* dan *Polydora ciliata*. Menurut Gray (1979) kehadiran *Polydora* juga dapat dijadikan indikator pencemaran karena species ini menunjukkan banyak ciri dari species r~terpilih, tetapi species ini secara jelas tidak terlalu oportunis sebagaimana yang ditunjukkan *Capitella*. *Polydora* biasanya bereproduksi dengan fase larva planktonik, tetapi juga dapat mengerami telur di dalam lubangnya dan ini merupakan strategi daur hidup beradaptasi secara ideal terhadap gangguan.

#### **4.3.2. Indeks keanekaragaman, keseragaman dan biomassa**

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai indeks keanekaragaman hewan makrobenthos keempat lokasi pengamatan yaitu kurang dari 2,0 (tabel 5 dan gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa di semua stasiun pengamatan indeks keanekaragaman termasuk dalam kategori rendah (LIPI, 1997).

Nilai indeks keanekaragaman pada kategori rendah tersebut mungkin disebabkan oleh keberadaan individu / species pada semua stasiun pengamatan relatif tidak merata, tidak ada species yang mendominasi tiap stasiun pengamatan

Nilai indeks keanekaragaman menurut Warwick (1993) menggambarkan kondisi yang berkaitan dengan fungsi masing-masing species atau genus terhadap kelestarian dan daya dukung ekosistem. Berdasarkan kriteria Lee *et al.*, (1978), nilai indeks keanekaragaman yang didapat dalam penelitian ini, baik antar lokasi maupun antar stasiun masih tergolong dalam kriteria tercemar ringan ( $H' = 1,6 - 2,0$ ). Sedangkan nilai indeks keseragaman pada semua stasiun pengamatan maupun di setiap lokasi antara 0,824 – 0,971. Nilai indeks keseragaman dapat dilihat pada semua lokasi disajikan pada tabel 5 dan gambar 7.

Nilai indeks keseragaman tiap lokasi menunjukkan bahwa  $E > 0,6$  menurut Brower *et al.*, (1990) termasuk dalam kategori keseragaman populasi tinggi. Kategori tersebut secara umum menunjukkan bahwa komposisi di semua stasiun dan lokasi penelitian tidak memperlihatkan adanya dominasi species ( $< 1$ ). Umumnya bila indeks dominansi rendah, selalu diikuti oleh indeks keseragaman yang tinggi.

Berdasarkan hasil analisis nilai indeks keanekaragaman dan keseragaman di keempat lokasi menunjukkan bahwa tidak ada yang mendominasi. Pada setiap lokasi di mana rendahnya keanekaragaman, nilai indeks keseragamannya tinggi, tidak ada dominasi dan secara keseluruhan kualitas air yang masih bagus maka diduga rendahnya nilai keanekaragaman yang mengindikasikan perairan tersebut tercemar ringan adalah kondisi fisik lingkungan.

Secara keseluruhan kurva ABC atau k- dominance curves di empat lokasi mengindikasikan perairan tersebut terganggu dimana kurva biomassa dan kelimpahan individu bersinggungan atau berpotongan.

Keanekaragaman rendah pada lokasi industri batubara yang mengindikasikan perairan tersebut tercemar ringan dan kurva ABC menunjukkan bahwa perairan di daerah tersebut terganggu (gambar 8), diduga akibat limbah yang dibuang dari industri tersebut, berupa limbah cair yang berasal dari bongkaran muatan batubara yang pada umumnya bersumber dari limpasan harian batubara di kolam pengendapan, pemuatan batubara ke kapal melalui *ship loader* yang berpotensi tercecernya batubara dan jatuh ke laut sehingga dapat mempengaruhi kehidupan hewan makrobenthos karena dapat menutupi substrat dasar perairan, yang mana komunitas hewan makrobenthos merupakan hewan dasar yang hidup di endapan dasar perairan, baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan sedimen (Odum, 1971).

Pada lokasi Pelabuhan dimana keanekaragamannya rendah dan kurva ABC mengindikasikan bahwa perairan dalam kategori perairan terganggu, hal ini diduga akibat buangan dari kapal yang bersandar berupa ceceran minyak, oli, air ballast ataupun peletakan jangkar yang menyebabkan terganggunya struktur komunitas hewan makrobentos itu sendiri.

Rendahnya keanekaragaman pada lokasi pemukiman dan terganggunya perairan di lokasi ini diduga karena limbah yang dikeluarkan dari pemukiman tersebut, baik dari limbah rumah tangga seperti sampah maupun limbah pembuatan ikan asin.

Sedangkan rendahnya keanekaragaman di lokasi pariwisata dan terganggunya perairan diduga akibat kapal komersil yang bersandar ataupun olahraga jet sky sehingga secara tidak langsung membuang limbah berupa tercecernya minyak maupun oli, peletakan jangkar selain itu substrat yang terinjak- injak oleh para wisatawan, sehingga menyebabkan terganggunya kelangsungan hidup hewan makrobenthos di lokasi tersebut.

Secara keseluruhan kurva ABC atau k- dominance curves menunjukkan perairan terganggu, nilai keanekaragaman rendah dan keseragaman yang masih tinggi serta kualitas air yang masih lumayan bagus untuk kehidupan biota, menunjukkan bahwa kondisi fisik lingkungan yang mempengaruhi terganggunya species hewan makrobenthos yang didapat seperti *Capitella capitata* dan *Polydora ciliata* terdapat di setiap lokasi. Dimana kedua species ini biasanya dapat dijadikan sebagai bioindikator perairan tersebut tercemar atau tidak.

Sebagai contoh di lokasi batubara species *Capitella capitata*, *Nereis granulata* dan *Polydora ciliata* ditemukan melimpah. Kelimpahan ketiga species ini sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan dan sedimen sebagai habitatnya. Dalam sedimen atau substrat berupa pasir bercampur debu (Tabel 7). Kondisi ini membuktikan bahwa ketiga species tersebut dapat beradaptasi terhadap tekanan fisika-kimia lingkungan dari industri batubara.

#### **4.3.3. Kualitas Air.**

Secara umum nilai parameter kualitas air setiap lokasi tidak berbeda jauh. Hasil pengukuran kualitas air di empat lokasi seperti terlihat pada tabel 6. Nilai

DO di pemukiman adalah 4,8 – 7,3 mg/l terutama di stasiun 2 melebihi baku mutu, hal ini diduga karena dekat saluran pembuangan limbah; di daerah pariwisata sebesar 5,20 – 6,3 mg/l, dan daerah pelabuhan sebesar 5,1 – 5,78 mg/l, serta di industri batubara bernilai 5,74 – 6,03 mg/l. Ketiga lokasi ini masih sesuai baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Menurut Trihadiningrum dan Sudaryati (1996) bahwa perairan yang memiliki kadar oksigen rendah hanya dapat dihuni oleh benthos dari kelas Oligochaeta yang tahan terhadap kadar oksigen rendah. Hal ini menjadikan oksigen sebagai faktor pembatas dalam perairan.

BOD pada setiap stasiun penelitian berkisar antara 1,35 – 3,05 mg/l. Dengan BOD terendah terdapat pada kawasan pariwisata 1,35 – 2,33 mg/l, dan tertinggi pada kawasan pelabuhan 2,32 – 3,05 mg/l (tabel 3). Bila dilihat dari hanya DO dan BOD maka perairan tersebut belum menunjukkan indikasi adanya pencemaran. Menurut Lee *et.al* (1978) perairan yang mengandung BOD lebih dari 10 mg/l berarti perairan tersebut telah tercemar oleh bahan organik, sedangkan apabila dibawah 3 mg/l berarti perairan tersebut masih cukup bersih.

Konsentrasi nitrit pada semua stasiun pengamatan berkisar antara 0,0036 – 0,076 mg/l, dan konsentrasi tertinggi terdapat di daerah pariwisata yaitu 0,0368 – 0,076 mg/l, terendah pada daerah industri batubara yaitu 0,0036 – 0,0135 mg/l. Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan domestik, kadar nitrit pada perairan relatif lebih kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Menurut Moore (1991) dalam Effendi (2000) bahwa kadar nitrit yang melebihi dari 0,05 mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif.



Kisaran amonia ( $\text{NH}_3$ ) terdapat antara 0,0137 – 1,168 mg/l. Nilai ( $\text{NH}_3$ ) tertinggi terdapat di pelabuhan dimana sudah melebihi baku mutu menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun 2004 untuk kehidupan biota laut dan pelabuhan yang berkisar 0,3 mg/l. Fenomena yang sama juga ditemukan pada pengukuran konsentrasi nitrat. Konsentrasi nitrat ( $\text{NO}_3$ ) di pelabuhan berkisar antara 0,03 – 0,032 mg/l dan di salah satu stasiun di pemukiman berkisar 0,023 mg/l, sedangkan untuk baku mutu berkisar 0,008 mg/l, sehingga sudah melebihi kisaran nilai toleransi bagi biota laut. Tingginya konsentrasi  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NO}_3$  di lokasi pelabuhan dan pemukiman diduga berasal dari aktivitas pelabuhan, terutama dari buangan kapal-kapal dan buangan limbah yang berasal dari aktivitas manusia seperti tinja. Sedangkan nilai nitrit ( $\text{NO}_2$ ) berkisar antara 0,0036 – 0,076 mg/l. Konsentrasi terendah terdapat di lokasi industri batu bara dan tertinggi berada di lokasi pemukiman.

Kisaran konsentrasi ortophospat ( $\text{PO}_4$ ) air berkisar 0,0018 – 0,274 mg/l. Konsentrasi terendah terdapat di lokasi pelabuhan dan tertinggi lokasi industri batubara. Pada salah satu stasiun di lokasi Industri batubara, Pemukiman dan Pariwisata,  $\text{PO}_4$  sudah melebihi baku mutu yaitu 0,015 mg/l (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun No 51 tahun 2004 tentang Baku mutu untuk kehidupan biota laut dan wisata bahari). Konsentrasi  $\text{PO}_4$  tinggi belum menjadi penyebab kelimpahan tinggi hewan makrobenthos.

Salinitas yang terukur berkisar antara 31 – 34 ‰. Nilai salinitas yang didapatkan dari pengukuran ini belum dapat menjadi faktor pembatas melimpahnya hewan makrobenthos, misalnya *Capitella* melimpah sebesar 1296

ind./m<sup>2</sup> pada salinitas 38 ‰ (Alcantara dan Weiss, 1991). Menurut Pennak (1978) salinitas optimum bagi gastropoda berkisar 26 – 32 ‰ dan salinitas optimum untuk bivalvia berkisar 2 – 36 ‰. Hal ini menunjukkan bahwa kisaran salinitas yang didapat dari penelitian ini masih dalam kisaran nilai toleransi hewan makrobenthos.

Kisaran suhu yang terukur antara 28,5 – 31,4 °C. Suhu terendah terdapat di salah satu stasiun dari lokasi pemukiman. Kisaran nilai tersebut masih berada dalam kisaran nilai toleransi hewan makrobenthos, dibuktikan dengan kelimpahan species yang relatif sama pada suhu rendah maupun tinggi. Menurut Sukarno (1981) bahwa suhu dapat membatasi sebaran hewan makrobenthos secara geografik dan suhu yang baik untuk pertumbuhan hewan benthos berkisar antara 25 – 31 °C. Suhu optimal beberapa jenis Mollusca adalah 20 °C dan apabila melampaui batas tersebut akan mengakibatkan berkurangnya aktivitas kehidupannya (Clark, 1986).

Kisaran pH air antara 7,96 – 8,24. Nilai terendah dan tertinggi terdapat di semua lokasi. Kisaran ini masih berada dalam nilai toleransi hewan makrobenthos, ini dibuktikan dengan kelimpahan species yang relatif sama pada pH terendah maupun tertinggi. Menurut Pennak (1978) bahwa pH mendukung kehidupan Mollusca berkisar antara 5,7 – 8,4, sedangkan Marrison *dalam* Hart dan Fuller (1974), bivalvia hidup batas kisaran pH 5,8 – 8,3. Nilai pH < 5 dan > 9 menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi kebanyakan organisme makrobenthos (Hynes, 1978).

Effendi (2000) menyatakan bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5, sehingga dapat disimpulkan bahwa ke empat lokasi tersebut masih mempunyai pH yang cukup bagus bagi kehidupan organisme.

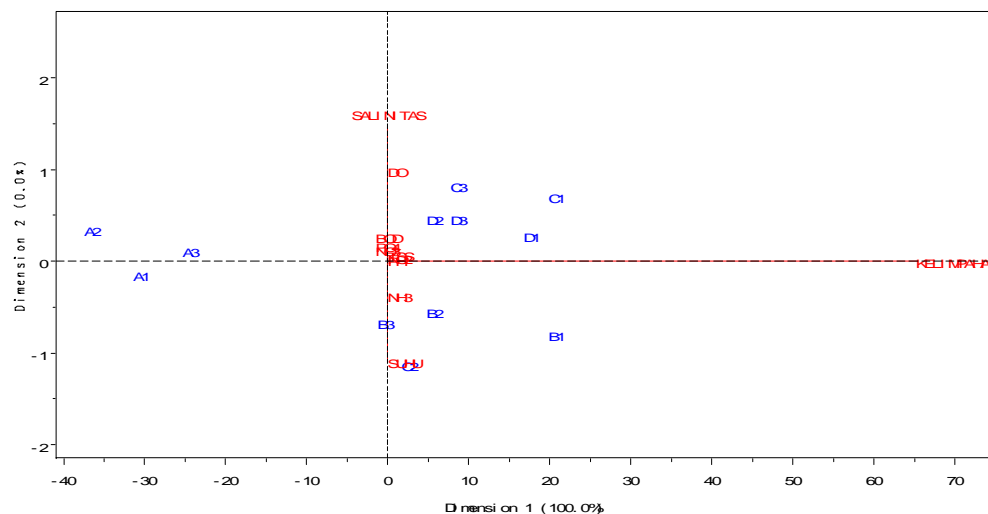
Kisaran kecepatan arus antara 30 – 61 cm/dtk. Nilai tertinggi dan terendah terdapat di lokasi pelabuhan dan industri batubara. Menurut Wood (1987) bahwa kisaran 10 – 100 cm/dtk termasuk kategori sedang dimana menguntungkan bagi organisme dasar; terjadi pembaruan antara bahan organik dan anorganik dan tidak terjadi akumulasi.

#### **4.3.4. Keterkaitan Kualitas Air dan Kelimpahan serta Sebarannya Terhadap Stasiun Penelitian**

Untuk mendapatkan informasi keterkaitan setiap parameter kualitas air pada masing-masing stasiun dilakukan kajian analisis Biplot. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa keragaman yang diterangkan oleh sumbu utama 1 sebesar 100 % dan sumbu utama 2 sebesar 0,0 %. Sehingga secara keseluruhan keragaman yang dapat diterangkan oleh kedua sumbu tersebut sebesar 100 %.

Hasil yang terlihat pada gambar 9 terbentuk adanya 3 pengelompokan, dimana pada kelompok pertama terdiri oleh semua stasiun pada lokasi industri batubara (A1, A2 dan A3). Hal ini diduga karena memiliki kualitas air yang sama. Pada kelompok ini kelimpahan sangat rendah daripada stasiun lainnya. Rendahnya kelimpahan di lokasi industri batubara ini diduga karena buangan limbah yang dikeluarkan sehingga menyebabkan hanya species tertentu yang dapat beradaptasi dengan lingkungan disekitarnya. Kelompok kedua terdiri oleh

semua stasiun di lokasi pariwisata (D1, D2 dan D3) dan pemukiman (C1 dan C3). Pada kelompok ini lebih dipengaruhi oleh  $\text{NO}_3$ , pH, salinitas,  $\text{NO}_2$ , TSS dan DO. Sedangkan kelompok terakhir adalah terdiri oleh semua stasiun di lokasi pelabuhan (B1, B2, dan B3) dan pemukiman terutama pada C2. Pada kelompok ini yang nilainya tinggi adalah suhu dan  $\text{NH}_3$  daripada parameter lainnya rendah.  $\text{NH}_3$  tinggi diduga karena posisi stasiun ini dekat dengan pembuangan limbah rumah dan industri rumah tangga seperti pembuatan ikan asin dan juga buangan kapal karena termasuk jalur lalu lintas kapal yang menyebabkan amonia tersebut tidak mengalami ionisasi (Effendi, 2000).



Gambar 9. Sebaran stasiun berdasarkan kualitas air dan kelimpahan

Korelasi dapat ditunjukkan dengan posisi setiap parameter seperti yang tertera pada gambar 9 dan lampiran 4. Sebagai contoh DO, salinitas,  $\text{PO}_4$  dan  $\text{NO}_2$  menunjukkan korelasi yang positif, namun keempatnya menunjukkan korelasi negatif terhadap  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$  dan suhu. Kelimpahan berkorelasi sangat positif dengan pH dan berkorelasi negatif dengan  $\text{BOD}_5$ ,  $\text{PO}_4$  dan Salinitas. Semakin

tinggi suhu maka kelarutan oksigen akan berkurang dan semakin tinggi  $BOD_5$  maka kelimpahan akan semakin rendah. Pernyataan ini didukung oleh Effendi (2000) yang menyatakan bahwa suhu mempunyai peranan penting untuk mengendalikan ekosistem perairan dan Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa oksigen merupakan faktor pembatas dalam menentukan kehadiran makhluk hidup dalam suatu perairan.

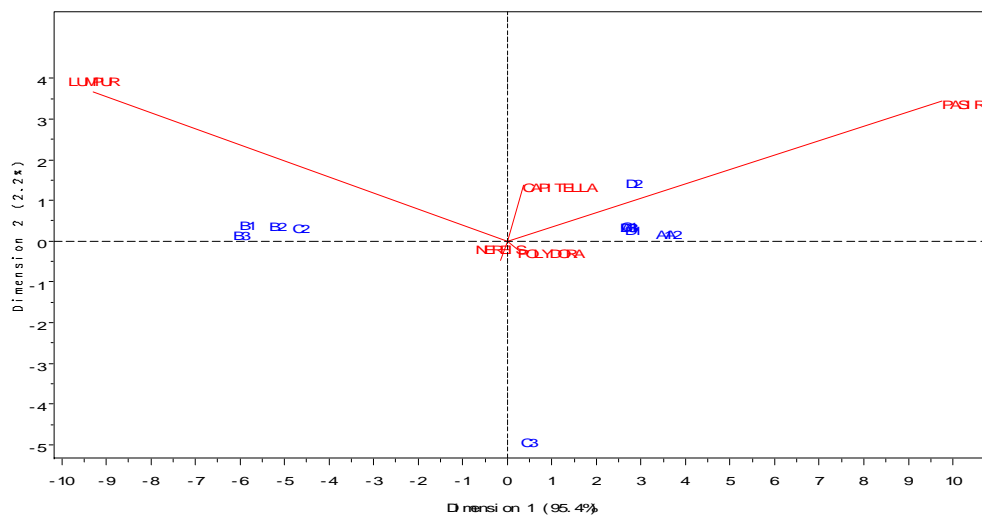
DO dan Amonia ( $NH_3$ ) menunjukkan korelasi negatif artinya semakin rendah oksigen terlarut akan mengakibatkan meningkatnya daya racun amonia, hal ini sesuai dengan pernyataan dari Pescod (1973) proses pembentukan amonia erat hubungannya dengan pH dan DO, di mana pada pH yang menurun daya racunnya akan menurun pula, apabila terjadi penurunan oksigen terlarut, hal sebaliknya akan terjadi di mana daya racun amonia akan meningkat.

Kelimpahan dan pH menunjukkan korelasi positif artinya semakin meningkatnya pH maka kelimpahan akan semakin meningkat. Menurut Effendi (2000) yang menyatakan bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5.

#### **4.3.5. Keterkaitan Substrat, Hewan Makrobenthos dan Sebarannya Terhadap Stasiun Penelitian**

Hasil analisis biplot antara keterkaitan antara substrat, hewan makrobenthos dan sebarannya terhadap stasiun menunjukkan bahwa keragaman yang diterangkan oleh sumbu utama 1 sebesar 95,4 % dan sumbu utama 2 sebesar 2,2 %. Sehingga secara keseluruhan keragaman yang dapat diterangkan oleh kedua sumbu tersebut sebesar 97,6 %.

Pada gambar 10 terlihat asosiasi hewan makrobenthos dan substrat. Pada analisis ini hewan makrobenthos yang dianalisis dipilih jenis yang selalu ditemukan di tiap stasiun pengamatan yaitu *Capitella capitata*, *Nereis granulata* dan *Polydora ciliata* dari kelas Polychaeta. Pada gambar tersebut terlihat kandungan pasir memberikan kontribusi relatif besar. Hal ini ditunjukkan dengan kelimpahan *Capitella capitata*, *Nereis granulata* dan *Polydora ciliata*. Diduga species ini lebih menyukai substrat pasir, terutama *Capitella capitata* dan *Polydora ciliata*. Meskipun ketiga species ini lebih menyukai lumpur dan pasir, tapi *Nereis* sering dijumpai pada substrat pasir dan lumpur pada kedalaman rendah (Fauchald, 1977).



Gambar 10. Sebaran stasiun berdasarkan substrat dan *Capitella*, *Nereis* serta *Polydora*.

Hasil yang terlihat untuk sebaran stasiun, terjadi pengelompokan dimana kelompok pertama dihuni oleh semua stasiun dari lokasi pelabuhan (B1, B2 dan B3) dan lokasi pemukiman (C2). Kelompok ini didominasi oleh substrat lumpur. Kelompok selanjutnya adalah semua stasiun dari lokasi batubara (A1, A2, A3);

semua stasiun dari lokasi pariwisata (D1, D2, D3) dan pemukiman (C1 dan C3). Kelompok ini didominasi oleh substrat pasir.

#### **4.3.6. Aktivitas Pengerusakan dan Pengelolaan Sumberdaya Pantai di Kota Bandar Lampung.**

Kota Bandar Lampung merupakan pusat pemerintahan, politik, pendidikan, dan kebudayaan, serta pusat kegiatan perekonomian propinsi Lampung. Seperti yang dijelaskan diatas pada gambaran umum kota Bandar Lampung bahwa aktivitas-aktivitas yang ada di kota Bandar Lampung adalah industri, pelabuhan, pemukiman dan pariwisata yang secara langsung atau tidak langsung menyebabkan kerusakan sumberdaya pantai dan laut.

Menurut Supriharyono (2007) bahwa pencemaran laut pesisir pada umumnya terjadi karena adanya pemusatan penduduk, pariwisata dan industrialisasi di daerah pesisir dimana aktivitas-aktivitas tersebut baik langsung maupun secara tidak langsung (melalui limbah buangnya) sering mengganggu di perairan laut daerah pesisir.

Dan dari hasil penelitian yang dilakukan dari keempat lokasi tersebut secara umum masuk kategori tercemar ringan. Dilihat dari parameter kualitas airnya masih dalam kategori yang ditoleransi bagi hewan makrobenthos tetapi ada salah satu lokasi di pelabuhan dan pemukiman yang amonia dan nitratnya tinggi. Kadar amonia tinggi di pelabuhan diduga dari limbah yang dikeluarkan oleh kapal dan limbah industri. Menurut Effendi (2003) Kadar amonia yang tinggi dapat merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri dan limpasan (run-off) pupuk pertanian. Sedangkan nitrat

tinggi di daerah pemukiman diduga berasal dari limbah rumah tangga, industri pembuatan ikan asin dan TPI. Menurut Effendi (2003) Kadar nitrat yang tinggi menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja. Bila melihat ini maka sangat diperlukan pengelolaan agar kelestarian sumberdaya hayati terus berkelanjutan. Pengelolaan sumberdaya wilayah pesisir tidak hanya tentang pencegahan penggunaan sumberdaya untuk keperluan tertentu yang berguna, tetapi pengelolaan adalah mempersilahkan sistem pemanfaatan secara berkelanjutan (*sustainable*) dan mengontrol praktek-praktek yang merusak. Langkah- langkah yang dapat dilakukan adalah :

1. Dengan pembuatan dan pengawasan terhadap IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah).
2. Pemasangan papan peringatan "Dilarang membuang sampah" atau "Jagalah lingkungan pantai"
3. Adanya monitoring dan pengawasan dari pemerintahan daerah secara terus menerus
4. Melakukan evaluasi dan solusi secara keseluruhan.

Selama ini Pemerintah Daerah Propinsi Lampung telah melakukan berbagai upaya dalam pengelolaan lingkungan pesisir seperti melakukan reklamasi pantai, keputusan Gubernur Lampung No.6/ 147/Bapeldalda/Hk/1998 tentang kegiatan kegiatan penimbunan pantai, terdapat program RIPP (Rencana Induk Pengembangan Pariwisata) dan RTRW ( Rencana Tata Ruang Wilayah) .

Kegiatan reklamasi pantai telah di lakukan di Teluk Lampung sejak tahun 1983, pada awalnya bertujuan merancang kembali pantai kawasan Teluk



Lampung (Bandar Lampung dan Lampung Selatan) dengan penimbunan laut sampai kedalaman 3 m, sehingga terbentuk suatu kawasan pantai yang akan mendukung sistem pengembangan kota pantai yang disebut dengan Water Front City. Tetapi kondisi reklamasi pantai saat ini sangat menyedihkan karena bagian-bagian yang telah direklamasi tidak menyatu atau terpotong-potong, muara-muara sungai yang menyempit dan saluran drainase terganggu sehingga dapat menyebabkan banjir atau genangan pada saat hujan lebat bersamaan dengan pasang naik air laut. Upaya pemerintah pada saat ini untuk mengatasi dampak negatif yang lebih besar maka kegiatan penimbunan pantai dihentikan berdasarkan keputusan Gubernur Lampung No.6/ 147/Bapeldalda/Hk/1998 (Wiryawan *et.al*, 1999).

Ketidakberhasilan reklamasi pantai diduga karena tanpa studi Amdal/ izin secara formal dan tanpa perencanaan yang tepat sehingga mengakibatkan perubahan kondisi lingkungan pesisir seperti terjadinya banjir dan perubahan arus perairan secara lokal. Sedangkan ketidakberhasilan program RIPP dalam pengelolaan pariwisata diduga karena instansi pariwisata (Kanwil dan Dinas) belum dapat mengimplementasikan konsep-konsep yang terdapat pada dokumen tersebut dan juga terjadi kesenjangan kebijaksanaan, akibatnya masing-masing pihak yang terkait dengan sektor pariwisata bertindak sesuai dengan kepentingannya sehingga menimbulkan biasanya kebijakan-kebijakan dalam pengelolaan wisata bahari.

Diduga ketidakberhasilan dari program RTRW adalah kurangnya sosialisasi dan ketidakjelasan batas wilayah laut yang telah diperuntukkan/

dilarang kapal bagi nelayan, penempatan bagan, alur pelayaran, angkutan laut, pariwisata dan pemukiman penduduk.

Oleh karena itu diperlukan kerjasama dari semua pihak dalam pengelolaan sumberdaya pesisir. Salah satu aspek dalam pengelolaan sumberdaya pesisir saat ini adalah mempromosikan pendekatan pengelolaan pesisir terpadu (ICZM/ Integrated Coastal Zone Management) yang berbasis masyarakat. Peran proyek pesisir ini hanyalah membantu atau sebagai mediator dalam mengidentifikasi, memelihara keanekaragaman hayati dan mempromosikan dalam implementasi rencana pengelolaan sumberdaya wilayah pesisir terpadu.

Strategi pendekatan pengelolaan pesisir yang dikembangkan bersama “*Stakeholders*” tersebut adalah proses partisipatif dalam penilaian sumberdaya; perencanaan terpadu; peningkatan ekonomi masyarakat pengguna pesisir; Implementasi pemanfaatan wilayah pesisir/laut yang berbasis masyarakat; pelatihan pengelolaan wilayah pesisir dan Analisa kebijakan, pemantauan serta evaluasi (Wiryawan *et.al*, 1999) .

Konservasi alam yang termasuk menjaga keanekaragaman hayati adalah salah satu aspek dalam pengelolaan. Wilayah pesisir merupakan habitat primer manusia maka segenap usaha dan upaya konservasi dan pengelolaan sumberdaya pesisir adalah untuk menjamin kelangsungan hidup manusia (Wiryawan *et.al*, 1999). Oleh karena itu diperlukan segenap lapisan masyarakat ikut berpartisipasi aktif dalam pengelolaan dan perlindungan sumberdaya pesisir Kota Bandar Lampung seperti :

- b. Jika anda seorang penentu kebijakan dalam mengelola sumberdaya alam, yang dapat dilakukan adalah :
  - 1. Menyebarluaskan informasi tentang pengelolaan pesisir kepada masyarakat luas dan instansi-instansi
  - 2. Mendiskusikan aksi-aksi yang dapat dilakukan untuk membantu pengelolaan wilayah pesisir
- c. Jika anda seorang dari kalangan LSM (Lembaga Swadaya Masyarakat) atau Instansi pendidik, yang dapat dilakukan adalah :
  - 1. Menciptakan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan melalui pendidikan umum
  - 2. Melakukan penelitian untuk menjawab permasalahan dalam pengelolaan
  - 3. Melakukan aksi-aksi untuk membantu pengelolaan wilayah pesisir
- d. Jika anda dari kalangan pengusaha dan pengembang pembangunan, yang dapat dilakukan adalah :
  - 1. Meminimalkan pengerusakan yang tidak perlu terhadap sumberdaya alam
  - 2. Mengambil langkah proaktif dalam memanfaatkan sumberdaya alam
- e. Jika anda pengguna langsung sumberdaya alam hayati laut (nelayan, penduduk di pesisir pantai dan wisatawan), yang dapat dilakukan adalah :
  - 1. Menghindari praktek-praktek merusak lingkungan untuk menjaga keberlanjutan sumberdaya alam
  - 2. Berpartisipasi aktif dalam upaya- upaya perlindungan lingkungan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan pada bab-bab terdahulu maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan dari keempat lokasi menunjukkan bahwa indeks keanakeragaman rendah, nilai indeks keseragamannya tinggi sehingga tidak ada dominasi.
2. Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman, keseragaman, kelimpahan dan biomassa, perairan pantai kota Bandar Lampung termasuk kategori tercemar ringan.
3. Kualitas air layak untuk kehidupan hewan makrobenthos tetapi kondisi fisik lingkungan yang mengganggu struktur komunitas hewan tersebut.
4. Rekomendasi yang dapat dilakukan dalam pengelolaan wilayah pesisir di kota Bandar Lampung adalah dengan monitoring dan pengawasan secara periodik praktek-praktek yang merusak
5. Berdasarkan analisis Biplot terbentuk 3 pengelompokan stasiun penelitian berdasarkan kualitas air dan kelimpahan. Analisis ini menunjukkan kelimpahan berkorelasi positif dengan pH.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka saran yang diberikan adalah

1. Perlu dilakukan analisis kandungan bahan organik dan logam berat pada substrat dasar sebagai habitat benthos.
2. Selain itu hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi pemerintah daerah dalam pengelolaan pesisir dalam membuat strategi pelestarian dan penanggulangan lingkungan.
3. Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah :
  - Dengan pembuatan dan pengawasan terhadap IPAL (Instalasi Pengolah Air Limbah).
  - Harus ada penelitian lanjutan terus menerus untuk menganalisis kondisi sebelum dan sesudah terjadi perubahan sehingga perubahan itu sendiri dapat diukur.
  - Pemasangan papan peringatan ”Dilarang membuang sampah” atau ”Jagalah lingkungan pantai”
  - Adanya monitoring dan pengawasan dari pemerintahan daerah secara periodik
  - Melakukan evaluasi dan solusi secara keseluruhan.
  - Mempromosikan program pendekatan pengelolaan wilayah terpadu (ICM) yang berbasis masyarakat yang telah dirancang oleh pemerintah
4. Bagi instansi yang meneliti kualitas air perlu memperhatikan ketelitian dan keakuratan suatu alat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agard, J.B.R., J. Gobin, and R.M. Warwick, 1993. *Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad, West Indies)*. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol 92: 233-243
- Alcantara, PH, and Weiss VS. 1991. *Ecological aspects of the polychaeta population associated with the Red Mangrove Rhizophora mangle at Laguna De Terminos*. Southern Part of the Gulf of Mexico. Ophelia 5 (Suppl) : 451 – 462
- Almeida T, C. and Ruta. 1998. *Polychaeta assemblages in soft sediment near a subtidal macroalgae bed at Arrial Do Cobo, Rio de Janeiro, Brazil* (Abstract) Brazil: Di dalam 6<sup>th</sup> Int. Polychaete Conference 2-7 Agustus 1998.
- American Public Health Association. 1989. *Standard methods for the examination of water and waste water*. 17<sup>th</sup> ed. ALPHA AWWA ( American Water Works Association) and WPCF ( Water Pollution Control Federation), Washington DC : 3. 464 pp
- Anggoro, Sutrisno. 1984. *Distribusi dan Kelimpahan*. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro. Semarang
- Barnes, R.S.K. 1978. *Estuarine Biology*. The Institute of Biologists' Studies in Biology Edward Arnold (Publisher). London.
- , 1980. *Invertebrate Zoology*. Fourth Edition. W.B. Saunders College.
- Bengen D.G. 1998. *Sinopsis Analisis Statistika Multivariabel/ Multidimensi*. : PPS-IPB. Bogor.
- Brasil AC dos S, and Silvia da SGH. 1998. *Spatial distribution of the polychaetes in a soft-bottom community at Socco Do Ceu (Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil)*. (Abstract). Brazil : Di dalam: 6<sup>th</sup> Int. Polychaete Conference. 2 –7 Agustus 1998.
- Brower JE, Zar JH, Ende von CN. 1990. *Field and Laboratory Methods for General Ecology* Dubuque. WCB Publishers.
- Budiman, A., dan Dwiono. 1986. *Ekologi Mollusca Hutan Mangrove di Jailolo, Halmahera*. Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove di Denpasar. Bali.
- Clark, R.B. 1986. *Marine Pollution*. Clarendon Press. Oxford.

- Cognetti DW and Maltagliati F. 2000. *Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna*. Mar Poll Bull 40: 7-14.
- Cole, G.A. 1979. *Text Book of Limnology*. Second Edition. Dept. of Zoology. Arizona State University. The C.V Mosby Company. Toronto. London.
- Connel DW, and Miller GJ. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Koestoer Y, Sehati. Penerjemah. Jakarta . UI Press.
- Day, J.H. 1967. *A monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part I Errantia*. British Museum (Natural History). London.
- . *A monograph on the Polychaeta of Southern Africa. Part II Sedentaria*. British Museum (Natural History). London
- Dickman, M. 1969. *A Quantitative method for assessing the tonix effects some water soluble substances based on changes in periphyton community structure*. In water research, 1969 (3): 1963-1972.
- Driscoll, E. G, and D. E. Brandon. 1973. *Mollusca sediment relationship in Northwestern Buzzards Bay Massachusetts, USA*. Malacologi.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas air. Managemen Sumberdaya Perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 259 hal.
- Fauchald, K. 1977. *The Polychaete Worms: Definitions and Keys to Orders, Families and Genera*. Los Angeles : Natural History Museum.
- Gibbs, P.E. 1977. *British Sipunculans. Key and Notes for the Identification of the species*. Academic Press. London.
- Gray, J. S. 1979. *The Ecology of Marine Sediments*. Cambridge University Press. New York.
- Gross, M.G. 1972. *Oceanography A View of The Earth*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hart, Jr.C.W. and S. L. H. Fuller. 1974. *Pollution Ecology of Freswater Invertebrates*. Academic Press. New York.
- Hynes, H.B.N. 1978. *The Ecology of Running Waters*. University of Toroto press. Toronto. 555 p.
- Jerome, M. Eisenberg. 1981. *Seashells of the world*. McGraw- Hill Book Company. UK.

- Junardi. 2001. *Keanekaragaman, Pola Penyebaran dan Ciri- ciri Substrat Polychaeta (Phyllum : Annelida) di Perairan Pantai Timur Lampung Selatan*. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Haper Collins Publishers. New York
- Lee, C.D., S. E. Wang and C. L. Kuo. 1978. *Benthic macroinvertebrates and fish as biological indicators of water quality, with reference to community diversity index*. International Conference on Water Pollution Control in Developing Countries, Bangkok. Thailand.
- Lind, O.T. 1979. *Handbook of common methods in Limnology*. 2<sup>nd</sup> ed. Mosby Company St. Louis, Toronto – London : 88 pp
- LIPI, 1997. *Analisis air laut, sediment dan biota (buku 2)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oceanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. Hal 15 – 30
- Nazir, Moh. 1988. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta
- Nybakken JW. 1988. *Biologi Laut*. Suatu pendekatan ekologis. Penerjemah M Eidman *et.al* . Terjemahan dari Marine biology an ecological approach. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Odum, 1971. *Fundamentals of Ecology*. Sounders. Toronto.
- Parsons, T.R, Takahasi, M., Hargrave, B. 1977. *Biological Oceanographic Processes 2<sup>nd</sup> Edition*. Pargaman Press. Oxford.
- Pennak, R.W. 1978. *Freswater Invertebrates of the United States*. Second ed. A Willey Interscience Publication. Jhon Willey and Sons, Inc. New York, 462p
- Pescod, M.B. 1973. *Investigation of ration effluent and stream of tropical countries*. Bangkok. AIT. 59 hal
- Pillai, T.G. 1965. *Annelida Polychaeta from Phillipines and Indonesia Ceylon*. Journal of Biology Science. 5(2): 110-177.
- Roberts, D., S. Soemodihardjo and W. Kastoro. 1982. *Shallow water marine molluscs of north- west Java*. LON-LIPI. Jakarta
- Sanders. 1968. *Marine Benthic Diversity : a Comparative Study*. Am. Nat. 102, 243 – 282.



- Sars, G.O. 1890. *An account of the Crustacean of Norway. Amphipoda vol I.* Christiani and Copenhagen. Oslo.
- Sastrawijaya, A.T. *Pencemaran Lingkungan.* Rinecke Cipta. Jakarta
- Sukarno, 1981. *Terumbu Karang di Indonesia. Permasalahan dan Pengelolaannya* LON-LIPI. Jakarta.
- Supriharyono. 1978. *Kondisi Kualitas Air di Saluran-saluran di daerah-daerah persawahan, persawahan-pemukiman dan pemukiman, Delta Upang Sumatera Selatan.* Program Pasca Sarjana IPB. Bogor
- , 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis.* PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- , 2007. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis.* Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suradi. 1993. *Makrozoobenthos sebagai Indikator Kualitas Perairan Sungai.* Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Warwick, R.M. 1993. *Enviromental impact studies on marine communities: Pragmal considerations.* Australian Journal of ecology. Vol 18, 63 – 80
- Warwick, R.M. and K.R. Clarke. 1994. *Relearning the ABC : taxonomic changes and abundance/ biomass relationships in distrubed benthic communities.* Marine Biology 118 : 739-744.
- Welch, D.S. 1952. *Limnology.* Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Wilhm, J.L. and T.C. Dorris. 1966. *Biological Parameter for Water Quality Criteria.* Biology Scientific Publication. Oxford.
- Wiryawan B., B. Marsjen, H. Adi Susanto, A. K. Mahi, M Ahmad, dan H. Poepitasari. 1999. *Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir Lampung.* Bandar Lampung: Pemda Tk I Lampung- CRMP Lampung.
- Wood, M. S. 1987. *Subtidal ecology.* Edward Arnold Pty. Limited, Australia.

## Lampiran 1. Komposisi Hewan Makrobenthos

| Klas          | Famili        | Species                     |
|---------------|---------------|-----------------------------|
| Polychaeta    | Capitellidae  | <i>Capitella capitata</i>   |
|               | Spionidae     | <i>Polydora ciliata</i>     |
|               |               | <i>Prionospio pinnata</i>   |
|               |               | <i>Prionospio ehlersi</i>   |
|               |               | <i>Despio magna</i>         |
|               | Cirratullidae | <i>Cirriformia punctata</i> |
|               | Nereidae      | <i>Nereis granulata</i>     |
|               | Magelonidae   | <i>Magelona capensis</i>    |
|               | Orbiniidae    | <i>Scoloplos uniramus</i>   |
|               | Ophyleidae    | <i>Armandia longicauda</i>  |
|               | Nephtyidae    | <i>Nemosphtys macroura</i>  |
|               | Glyceridae    | <i>Glycera unira</i>        |
| Bivalve       | Eunicidae     | <i>Diopatra cuprea</i>      |
|               | Lingulidae    | <i>Lingula sp</i>           |
|               | Tellinidae    | <i>Tellina venusa</i>       |
|               |               | <i>Telina sp</i>            |
| Sipunculoidea | Nucullidae    | <i>Nucula sp</i>            |
|               | Sipunculidae  | <i>Sipunculus nudus</i>     |
| Crustacea     | Ampeliscidae  | <i>Byblis longicornis</i>   |
|               | Gammaridae    | <i>Gammarus sp</i>          |
|               |               | <i>Gammarus lacusta</i>     |
|               | Photidae      | <i>Photis longcauda</i>     |
|               | Oediceridae   | <i>Oedicerus saginatus</i>  |

Lampiran 2. Hewan makrobenthos yang didapat disetiap lokasi penelitian

a. Lokasi Batubara (titik sampling I/ A1)

| No. | Species                     | Ulangan |   |   |
|-----|-----------------------------|---------|---|---|
|     |                             | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>   | 2       | 1 | 1 |
| 2   | <i>Nereis granulata</i>     | 1       | 2 | 1 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>     | 1       | 1 | 1 |
| 4   | <i>Prionospio pinnata</i>   | 1       | 1 | 1 |
| 5   | <i>Cirriformia punctata</i> |         | 1 |   |
| 6   | <i>Scoloplos uniramus</i>   | 2       |   | 1 |
| 7   | <i>Photis longicauda</i>    | 1       |   | 2 |

b. Lokasi Batubara (titik sampling II/ A2)

| No. | Species                     | Ulangan |   |   |
|-----|-----------------------------|---------|---|---|
|     |                             | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>   | 1       | 2 | 1 |
| 2   | <i>Nereis granulata</i>     | 2       | 1 | 2 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>     | 1       |   | 1 |
| 4   | <i>Prionospio pinnata</i>   | 1       | 1 |   |
| 5   | <i>Cirriformia punctata</i> |         | 1 | 1 |
| 6   | <i>Scoloplos uniramus</i>   | 1       |   |   |
| 7   | <i>Gammarus sp</i>          |         | 1 |   |
| 8   | <i>Photis longicauda</i>    | 1       |   | 1 |

c. Lokasi Batubara (titik sampling III/ A3)

| No. | Species                     | Ulangan |   |   |
|-----|-----------------------------|---------|---|---|
|     |                             | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>   | 1       | 2 | 2 |
| 2   | <i>Nereis granulata</i>     | 2       | 1 | 1 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>     | 1       | 2 | 2 |
| 4   | <i>Prionospio pinnata</i>   | 1       |   |   |
| 5   | <i>Cirriformia punctata</i> | 1       |   | 1 |
| 6   | <i>Scoloplos uniramus</i>   |         |   | 1 |
| 7   | <i>Gammarus sp</i>          |         | 1 | 1 |
| 8   | <i>Photis longicauda</i>    | 1       | 1 | 1 |

## Lampiran 2 (lanjutan)

## d. Lokasi Pelabuhan niaga (titik sampling I/ B1)

| No. | Species                      | Ulangan |   |   |
|-----|------------------------------|---------|---|---|
|     |                              | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>    | 2       | 3 | 4 |
| 2   | <i>Nereis Granulata</i>      | 3       | 4 | 4 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>      | 1       |   | 1 |
| 4   | <i>Prionospio pinnata</i>    | 2       | 3 | 1 |
| 5   | <i>Cirriiformia punctata</i> |         | 2 | 1 |
| 6   | <i>Lingula sp</i>            | 1       |   | 1 |
| 7   | <i>Tellina venusa</i>        |         | 1 |   |
| 8   | <i>Byblis longicornis</i>    | 1       |   |   |
| 9   | <i>Oedicerus saginatus</i>   |         |   | 1 |
| 10  | <i>Nephtys macroura</i>      | 1       |   |   |
| 11  | <i>Magelona capensis</i>     | 1       |   |   |

## e. Lokasi Pelabuhan niaga (titik sampling II/ B2)

| No. | Species                    | Ulangan |   |   |
|-----|----------------------------|---------|---|---|
|     |                            | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>  | 2       | 3 | 3 |
| 2   | <i>Nereis Granulata</i>    | 3       | 3 | 4 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>    |         | 1 | 1 |
| 4   | <i>Prionospio pinnata</i>  | 1       |   | 2 |
| 5   | <i>Armandia longicauda</i> | 1       |   | 1 |
| 6   | <i>Lingula sp</i>          | 1       | 1 |   |
| 7   | <i>Tellina venusa</i>      |         | 1 | 1 |
| 8   | <i>Byblis longicornis</i>  | 1       |   |   |
| 9   | <i>Oedicerus saginatus</i> |         | 1 |   |
| 10  | <i>Magelona capensis</i>   |         | 1 | 1 |

## f. Lokasi Pelabuhan Niaga (titik sampling III/ B3)

| No. | Species                      | Ulangan |   |   |
|-----|------------------------------|---------|---|---|
|     |                              | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>    | 3       | 3 | 4 |
| 2   | <i>Nereis Granulata</i>      | 3       | 2 | 3 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>      | 1       |   | 1 |
| 4   | <i>Prionospio pinnata</i>    | 1       | 1 |   |
| 5   | <i>Cirriiformia punctata</i> | 1       |   | 1 |
| 6   | <i>Scoloplos uniramis</i>    |         |   | 1 |
| 7   | <i>Armandia longicauda</i>   | 1       |   |   |
| 8   | <i>Lingula sp</i>            | 1       |   | 1 |
| 9   | <i>Tellina venusa</i>        |         |   | 1 |
| 10  | <i>Byblis longicornis</i>    |         | 1 |   |
| 11  | <i>Photis Longicornis</i>    | 1       |   |   |

## Lampiran 2 (lanjutan)

## g. Lokasi Pemukiman (titik sampling I/ C1)

| No. | Species                     | Ulangan |   |   |
|-----|-----------------------------|---------|---|---|
|     |                             | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>   | 4       | 2 | 3 |
| 2   | <i>Nereis granulata</i>     | 2       | 4 | 3 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>     | 3       | 3 | 2 |
| 4   | <i>Cirriformia punctata</i> | 1       |   | 1 |
| 5   | <i>Magelona capensis</i>    |         | 1 | 1 |
| 6   | <i>Diopatra cuprea</i>      | 1       |   |   |
| 7   | <i>Sipunculus nudus</i>     | 1       |   | 1 |
| 8   | <i>Oedicerus saginatus</i>  |         | 1 | 1 |
| 9   | <i>Gammarus lacusta</i>     |         |   | 1 |
| 10  | <i>Photis longicauda</i>    | 1       | 1 |   |

## h. Lokasi Pemukiman (titik sampling II/ C2)

| No. | Species                     | Ulangan |   |   |
|-----|-----------------------------|---------|---|---|
|     |                             | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>   | 3       | 3 | 2 |
| 2   | <i>Nereis granulata</i>     | 2       | 3 | 3 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>     | 1       | 1 | 2 |
| 4   | <i>Cirriformia punctata</i> | 1       | 1 |   |
| 5   | <i>Magelona capensis</i>    | 1       |   | 1 |
| 6   | <i>Despio magna</i>         | 1       | 1 |   |
| 7   | <i>Oedicerus saginatus</i>  |         | 1 | 1 |
| 8   | <i>Gammarus lacusta</i>     |         | 1 | 1 |
| 9   | <i>Photis longicauda</i>    | 1       |   | 1 |

## i. Lokasi Pemukiman (titik sampling III/ C3)

| No. | Species                     | Ulangan |   |   |
|-----|-----------------------------|---------|---|---|
|     |                             | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i>   | 3       | 2 | 4 |
| 2   | <i>Nereis granulata</i>     | 4       | 4 | 3 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>     | 1       |   | 1 |
| 4   | <i>Cirriformia punctata</i> |         | 1 | 1 |
| 5   | <i>Magelona capensis</i>    | 1       | 1 |   |
| 6   | <i>Diopatra cuprea</i>      |         | 1 | 1 |
| 7   | <i>Sipunculus nudus</i>     |         | 1 | 1 |
| 8   | <i>Oedicerus saginatus</i>  | 1       |   | 1 |
| 9   | <i>Gammarus lacusta</i>     | 1       | 1 |   |
| 10  | <i>Photis longicauda</i>    | 1       |   | 1 |

## Lampiran 2 (lanjutan)

## j. Lokasi Pariwisata (titik sampling I/ D1)

| No. | Species                   | Ulangan |   |   |
|-----|---------------------------|---------|---|---|
|     |                           | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i> | 4       | 2 | 3 |
| 2   | <i>Nereis Granulata</i>   | 3       | 4 | 3 |
| 3   | <i>Polydora ciliata</i>   | 2       | 1 | 4 |
| 4   | <i>Prionospio ehlersi</i> | 1       |   |   |
| 5   | <i>Despio magna</i>       |         | 1 | 1 |
| 6   | <i>Glycera unicolor</i>   | 1       |   |   |
| 7   | <i>Sipunculus nudus</i>   |         | 1 | 1 |
| 8   | <i>Lingula sp</i>         | 1       | 1 |   |
| 9   | <i>Tellina sp</i>         | 1       |   | 1 |
| 10  | <i>Nucula sp</i>          | 1       | 1 |   |

## k. Lokasi Pariwisata (titik sampling II/ D2)

| No. | Species                   | Ulangan |   |   |
|-----|---------------------------|---------|---|---|
|     |                           | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i> | 3       | 5 | 5 |
| 2   | <i>Nereis Granulata</i>   | 2       | 1 | 2 |
| 3   | <i>Prionospio ehlersi</i> | 1       | 1 | 1 |
| 4   | <i>Despio magna</i>       | 1       |   | 1 |
| 5   | <i>Glycera unicolor</i>   |         | 1 |   |
| 6   | <i>Sipunculus nudus</i>   | 1       | 1 |   |
| 7   | <i>Tellina sp</i>         | 1       |   | 1 |
| 8   | <i>Nucula sp</i>          | 1       | 1 | 1 |
| 9   | <i>Gammarus lacusta</i>   | 1       | 1 |   |

## l. Lokasi Pariwisata (titik sampling III/ D3)

| No. | Species                   | Ulangan |   |   |
|-----|---------------------------|---------|---|---|
|     |                           | 1       | 2 | 3 |
| 1   | <i>Capitella capitata</i> | 3       | 5 | 3 |
| 2   | <i>Nereis Granulata</i>   | 2       | 2 | 3 |
| 3   | <i>Prionospio ehlersi</i> | 1       | 2 | 1 |
| 4   | <i>Despio magna</i>       |         | 1 | 1 |
| 5   | <i>Glycera unicolor</i>   |         | 1 | 1 |
| 6   | <i>Magelona capensis</i>  | 1       | 1 |   |
| 7   | <i>Sipunculus nudus</i>   | 1       |   | 1 |
| 8   | <i>Lingula sp</i>         |         | 1 |   |
| 9   | <i>Nucula sp</i>          | 1       |   | 1 |
| 10  | <i>Gammarus lacusta</i>   |         | 1 |   |

Lampiran 3. Keanekaragaman dan keragaman hewan makrobentos pada ke tiga titik sampling masing- masing stasiun Penelitian

a. Lokasi Batubara (titik sampling I/ A1)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni  | Pi    | ln pi  | $\frac{\ln pi}{-pi}$ | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|-----|-------|--------|----------------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |     |       |        |                      |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 1180    | 590  | 590  | 2360  | 787 | 0.190 | -1.658 | 0.316                | 19.048 |
| 2      | <i>Nereis granulata</i>     | 590     | 1180 | 590  | 2360  | 787 | 0.190 | -1.658 | 0.316                | 19.048 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | 590  | 590  | 1770  | 590 | 0.143 | -1.946 | 0.278                | 14.286 |
| 4      | <i>Prionospio pinnata</i>   | 590     | 590  | 590  | 1770  | 590 | 0.143 | -1.946 | 0.278                | 14.286 |
| 5      | <i>Cirriformia punctata</i> | -       | 590  | -    | 590   | 197 | 0.048 | -3.045 | 0.145                | 4.762  |
| 6      | <i>Scoloplos uniramus</i>   | 1180    | -    | 590  | 1770  | 590 | 0.143 | -1.946 | 0.278                | 14.286 |
| 7      | <i>Photis longicauda</i>    | 590     | -    | 1180 | 1770  | 590 | 0.143 | -1.946 | 0.278                | 14.286 |
| Jumlah |                             |         |      |      |       |     | 1     | $H' =$ | 1.889                | 4130   |
|        |                             |         |      |      |       |     |       | $E =$  | 0.971                |        |

b. Lokasi Batubara (titik sampling II/ A2)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | $\frac{\ln pi}{-pi}$ | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                      |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 590     | 1180 | 590  | 1770  | 787  | 0.211 | -1.558 | 0.328                | 21.053 |
| 2      | <i>Nereis granulata</i>     | 1180    | 590  | 1180 | 2950  | 983  | 0.263 | -1.335 | 0.351                | 26.316 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.105 | -2.251 | 0.237                | 10.526 |
| 4      | <i>Prionospio pinnata</i>   | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.105 | -2.251 | 0.237                | 10.526 |
| 5      | <i>Cirriformia punctata</i> | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.105 | -2.251 | 0.237                | 10.526 |
| 6      | <i>Scoloplos uniramus</i>   | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.053 | -2.944 | 0.155                | 5.263  |
| 7      | <i>Gammarus sp</i>          | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.053 | -2.944 | 0.155                | 5.263  |
| 8      | <i>Photis longicauda</i>    | -       | -    | 590  | 590   | 393  | 0.105 | -2.251 | 0.237                | 10.526 |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 3737 | 1     | $H' =$ | 1.937                | 3737   |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | $E =$  | 0.932                |        |

c. Lokasi Batubara (titik sampling III/ A3)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | $\frac{\ln pi}{-pi}$ | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                      |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 590     | 1180 | 1180 | 2950  | 983  | 0.217 | -1.526 | 0.332                | 21.739 |
| 2      | <i>Nereis granulata</i>     | 1180    | 590  | 590  | 1770  | 787  | 0.174 | -1.749 | 0.304                | 17.391 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | 1180 | 1180 | 2950  | 983  | 0.217 | -1.526 | 0.332                | 21.739 |
| 4      | <i>Prionospio pinnata</i>   | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.043 | -3.135 | 0.136                | 4.348  |
| 5      | <i>Cirriformia punctata</i> | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.087 | -2.442 | 0.212                | 8.696  |
| 6      | <i>Scoloplos uniramus</i>   | -       | -    | 590  | 590   | 197  | 0.043 | -3.135 | 0.136                | 4.348  |
| 7      | <i>Gammarus sp</i>          | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.087 | -2.442 | 0.212                | 8.696  |
| 8      | <i>Photis longicauda</i>    | 590     | 590  | 590  | 1770  | 590  | 0.130 | -2.037 | 0.266                | 13.043 |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 4523 | 1     | $H' =$ | 1.931                |        |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | $E =$  | 0.929                |        |

## Lampiran 3 (lanjutan)

## d. Lokasi Pelabuhan niaga (titik sampling I/ B1)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 1180    | 1770 | 2360 | 5310  | 1170 | 0.237 | -1.440 | 0.341          | 23.684 |
| 2      | <i>Nereis Granulata</i>     | 1770    | 2360 | 2360 | 6490  | 2163 | 0.289 | -1.240 | 0.359          | 28.947 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| 4      | <i>Prionospio pinnata</i>   | 1180    | 1770 | 590  | 3540  | 1180 | 0.158 | -1.846 | 0.291          | 15.789 |
| 5      | <i>Cirriformia punctata</i> | -       | 1180 | 590  | 1770  | 590  | 0.079 | -2.539 | 0.200          | 7.895  |
| 6      | <i>Lingula sp</i>           | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| 7      | <i>Tellina venusa</i>       | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| 8      | <i>Byblis longicornis</i>   | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| 9      | <i>Oedicerus saginatus</i>  | -       | -    | 590  | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| 10     | <i>Nephtys macroura</i>     | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| 11     | <i>Magelona capensis</i>    | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 7473 | 1     | H' =   | 1.980          |        |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.826          |        |

## e. Lokasi Pelabuhan niaga (titik sampling II/ B2)

| No.    | Species                    | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                            | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>  | 1180    | 1770 | 1770 | 4720  | 1573 | 0.394 | -1.417 | 0.344          | 24.242 |
| 2      | <i>Nereis Granulata</i>    | 1770    | 1770 | 2360 | 5900  | 1967 | 0.152 | -1.194 | 0.362          | 30.303 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>    | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 4      | <i>Prionospio pinnata</i>  | 590     | -    | 1180 | 1770  | 590  | 0.091 | -2.398 | 0.218          | 9.091  |
| 5      | <i>Armandia longicauda</i> | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 6      | <i>Lingula sp</i>          | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 7      | <i>Tellina venusa</i>      | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 8      | <i>Byblis longicornis</i>  | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.030 | -3.497 | 0.106          | 3.030  |
| 9      | <i>Oedicerus saginatus</i> | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.030 | -3.497 | 0.106          | 3.030  |
| 10     | <i>Magelona capensis</i>   | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| Jumlah |                            |         |      |      |       | 6490 | 1     | H' =   | 1.985          |        |
|        |                            |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.862          |        |

## f. Lokasi Pelabuhan Niaga (titik sampling III/ B3)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 1770    | 1770 | 2360 | 5900  | 1967 | 0.323 | -1.131 | 0.365          | 32.258 |
| 2      | <i>Nereis Granulata</i>     | 1770    | 1180 | 1770 | 4720  | 1573 | 0.258 | -1.131 | 0.350          | 25.806 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.065 | -2.741 | 0.177          | 6.452  |
| 4      | <i>Prionospio pinnata</i>   | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.065 | -2.741 | 0.177          | 6.452  |
| 5      | <i>Cirriformia punctata</i> | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.065 | -2.741 | 0.177          | 6.452  |
| 6      | <i>Scoloplos uniramis</i>   | -       | -    | 590  | 590   | 197  | 0.032 | -3.434 | 0.111          | 3.226  |
| 7      | <i>Armandia longicauda</i>  | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.032 | -3.434 | 0.111          | 3.226  |
| 8      | <i>Lingula sp</i>           | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.065 | -2.741 | 0.177          | 6.452  |
| 9      | <i>Tellina venusa</i>       | -       | -    | 590  | 590   | 197  | 0.032 | -3.434 | 0.111          | 3.226  |
| 10     | <i>Byblis longicornis</i>   | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.032 | -3.434 | 0.111          | 3.226  |
| 11     | <i>Photis Longicornis</i>   | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.032 | -3.434 | 0.111          | 3.226  |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 6698 | 1     | H' =   | 1.976          |        |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.824          |        |



## Lampiran 3 (lanjutan)

## g. Lokasi Pemukiman (titik sampling I/ C1)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 2360    | 1180 | 1770 | 5310  | 1770 | 0.237 | -1.440 | 0.341          | 23.684 |
| 2      | <i>Nereis granulata</i>     | 1180    | 2360 | 1770 | 5310  | 1770 | 0.237 | -1.440 | 0.341          | 23.684 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 1770    | 1770 | 1180 | 4720  | 1573 | 0.211 | -1.558 | 0.328          | 21.053 |
| 4      | <i>Cirriformia punctata</i> | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| 5      | <i>Magelona capensis</i>    | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| 6      | <i>Diopatra cuprea</i>      | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| 7      | <i>Sipunculus nudus</i>     | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| 8      | <i>Oedicerus saginatus</i>  | -       | 590  | 590  | 590   | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| 9      | <i>Gammarus lacusta</i>     | -       | -    | 590  | 590   | 197  | 0.026 | -3.638 | 0.096          | 2.632  |
| 10     | <i>Photis longicauda</i>    | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.053 | -2.944 | 0.155          | 5.263  |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 7473 | 1     | H' =   | 1.977          |        |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.858          |        |

## h. Lokasi Pemukiman (titik sampling II/ C2)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 1770    | 1770 | 1180 | 4720  | 1573 | 0.250 | -1.386 | 0.347          | 25.000 |
| 2      | <i>Nereis granulata</i>     | 1180    | 1770 | 1770 | 4720  | 1573 | 0.250 | -1.386 | 0.347          | 25.000 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | 590  | 1180 | 2360  | 787  | 0.125 | -2.079 | 0.260          | 12.500 |
| 4      | <i>Cirriformia punctata</i> | 590     | 590  | -    | 2360  | 393  | 0.063 | -2.773 | 0.173          | 6.250  |
| 5      | <i>Magelona capensis</i>    | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.063 | -2.773 | 0.173          | 6.250  |
| 6      | <i>Despio magna</i>         | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.063 | -2.773 | 0.173          | 6.250  |
| 7      | <i>Oedicerus saginatus</i>  | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.063 | -2.773 | 0.173          | 6.250  |
| 8      | <i>Gammarus lacusta</i>     | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.063 | -2.773 | 0.173          | 6.250  |
| 9      | <i>Photis longicauda</i>    | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.063 | -2.773 | 0.173          | 6.250  |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 6293 | 1     | H' =   | 1.993          |        |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.907          |        |

## i. Lokasi Pemukiman (titik sampling III/ C3)

| No.    | Species                     | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|-----------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                             | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i>   | 1770    | 1180 | 2360 | 5310  | 1770 | 0.265 | -1.329 | 0.352          | 26.471 |
| 2      | <i>Nereis granulata</i>     | 1770    | 2360 | 1770 | 5900  | 1967 | 0.294 | -1.224 | 0.360          | 29.412 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>     | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 4      | <i>Cirriformia punctata</i> | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 5      | <i>Magelona capensis</i>    | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 6      | <i>Diopatra cuprea</i>      | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.029 | -3.526 | 0.104          | 2.941  |
| 7      | <i>Sipunculus nudus</i>     | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 8      | <i>Oedicerus saginatus</i>  | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 9      | <i>Gammarus lacusta</i>     | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 10     | <i>Photis longicauda</i>    | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| Jumlah |                             |         |      |      |       | 6687 | 1     | H' =   | 1.982          |        |
|        |                             |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.861          |        |

## Lampiran 3 (lanjutan)

## j. Lokasi Pariwisata (titik sampling I/ D1)

| No.    | Species                   | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|---------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                           | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i> | 2360    | 1180 | 1770 | 5310  | 1770 | 0.243 | -1.414 | 0.344          | 24.324 |
| 2      | <i>Nereis Granulata</i>   | 1180    | 2360 | 1770 | 5310  | 1770 | 0.243 | -1.414 | 0.344          | 24.324 |
| 3      | <i>Polydora ciliata</i>   | 1180    | 590  | 2360 | 4130  | 1377 | 0.189 | -1.665 | 0.315          | 18.919 |
| 4      | <i>Prionospio ehlersi</i> | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.027 | -3.611 | 0.098          | 2.703  |
| 5      | <i>Despio magna</i>       | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.054 | -2.918 | 0.158          | 5.405  |
| 6      | <i>Glycera unicolor</i>   | 590     | -    | -    | 590   | 197  | 0.027 | -3.611 | 0.098          | 2.703  |
| 7      | <i>Sipunculus nudus</i>   | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.054 | -2.918 | 0.158          | 5.405  |
| 8      | <i>Lingula sp</i>         | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.054 | -2.918 | 0.158          | 5.405  |
| 9      | <i>Tellina sp</i>         | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.054 | -2.918 | 0.158          | 5.405  |
| 10     | <i>Nucula sp</i>          | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.054 | -2.918 | 0.158          | 5.405  |
| Jumlah |                           |         |      |      |       | 7277 |       | H' =   | 1.987          |        |
|        |                           |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.863          |        |

## k. Lokasi Pariwisata (titik sampling II/ D2)

| No.    | Species                   | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|---------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                           | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i> | 1770    | 2950 | 1770 | 6490  | 2557 | 0.394 | -0.932 | 0.367          | 39.394 |
| 2      | <i>Nereis Granulata</i>   | 1180    | 590  | 1180 | 2950  | 983  | 0.152 | -1.887 | 0.286          | 15.152 |
| 3      | <i>Prionospio ehlersi</i> | 590     | 590  | 590  | 1770  | 593  | 0.091 | -2.398 | 0.218          | 9.091  |
| 4      | <i>Despio magna</i>       | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 5      | <i>Glycera unicolor</i>   | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.030 | -3.497 | 0.106          | 3.030  |
| 6      | <i>Sipunculus nudus</i>   | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 7      | <i>Tellina sp</i>         | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| 8      | <i>Nucula sp</i>          | 590     | 590  | 590  | 1770  | 590  | 0.091 | -2.398 | 0.218          | 9.091  |
| 9      | <i>Gammarus lacusta</i>   | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.061 | -2.803 | 0.170          | 6.061  |
| Jumlah |                           |         |      |      |       | 6490 | 1     | H' =   | 1.874          | 6501   |
|        |                           |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.853          |        |

## l. Lokasi Pariwisata (titik sampling III/ D3)

| No.    | Species                   | Ulangan |      |      | Total | Ni   | Pi    | ln pi  | ln pi .<br>-pi | KR (%) |
|--------|---------------------------|---------|------|------|-------|------|-------|--------|----------------|--------|
|        |                           | 1       | 2    | 3    |       |      |       |        |                |        |
| 1      | <i>Capitella capitata</i> | 1770    | 2950 | 1770 | 6490  | 2163 | 0.324 | -1.128 | 0.365          | 32.353 |
| 2      | <i>Nereis Granulata</i>   | 1180    | 1180 | 1770 | 4130  | 1377 | 0.206 | -1.580 | 0.325          | 20.588 |
| 3      | <i>Prionospio ehlersi</i> | 590     | 1180 | 590  | 2360  | 787  | 0.118 | -2.140 | 0.252          | 11.765 |
| 4      | <i>Despio magna</i>       | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 5      | <i>Glycera unicolor</i>   | -       | 590  | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 6      | <i>Magelona capensis</i>  | 590     | 590  | -    | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 7      | <i>Sipunculus nudus</i>   | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 8      | <i>Lingula sp</i>         | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.029 | -3.526 | 0.104          | 2.941  |
| 9      | <i>Nucula sp</i>          | 590     | -    | 590  | 1180  | 393  | 0.059 | -2.833 | 0.167          | 5.882  |
| 10     | <i>Gammarus lacusta</i>   | -       | 590  | -    | 590   | 197  | 0.029 | -3.526 | 0.104          | 2.941  |
| Jumlah |                           |         |      |      |       | 6687 |       | H' =   | 1.983          |        |
|        |                           |         |      |      |       |      |       | E =    | 0.861          |        |

#### Lampiran 4. Hasil Biomassa hewan makrobenthos

##### 1. Biomassa hewan makrobentos di lokasi A

| No | Biota                       | Biomassa Hewan makrobentos |           |           |       |
|----|-----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-------|
|    |                             | Stasiun 1                  | Stasiun 2 | Stasiun 3 | Total |
| 1. | <i>Capitella capitata</i>   | 0.189                      | 0.240     | 0.171     | 0.601 |
| 2. | <i>Nereis granulata</i>     | 0.351                      | 0.250     | 0.260     | 0.861 |
| 3. | <i>Polydora ciliata</i>     | 0.138                      | 0.140     | 0.181     | 0.459 |
| 4. | <i>Prionospio pinnata</i>   | 0.128                      | 0.085     | 0.045     | 0.258 |
| 5. | <i>Cirriformia punctata</i> | 0.047                      | 0.099     | 0.100     | 0.246 |
| 6. | <i>Scoloplos uniramus</i>   | 0.156                      | 0.000     | 0.110     | 0.266 |
| 7. | <i>Gammarus</i> sp          | 0.000                      | 0.057     | 0.024     | 0.081 |
| 8. | <i>Photis longicauda</i>    | 0.016                      | 0.006     | 0.030     | 0.052 |

##### 2. Biomassa hewan makrobenthos di lokasi B

| No  | Species                     | Biomassa Hewan makrobentos |           |           |       |
|-----|-----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-------|
|     |                             | Stasiun 1                  | Stasiun 2 | Stasiun 3 | Total |
| 1.  | <i>Capitella capitata</i>   | 0.286                      | 0.376     | 0.292     | 0.953 |
| 2.  | <i>Nereis granulata</i>     | 0.404                      | 0.321     | 0.303     | 1.028 |
| 3.  | <i>Polydora ciliata</i>     | 0.138                      | 0.136     | 0.136     | 0.410 |
| 4.  | <i>Prionospio pinnata</i>   | 0.177                      | 0.221     | 0.230     | 0.628 |
| 5.  | <i>Cirriformia punctata</i> | 0.045                      | 0.112     | 0.091     | 0.248 |
| 6.  | <i>Nephtys macroura</i>     | 0.047                      | 0.051     | 0.045     | 0.144 |
| 7.  | <i>Magelona capensis</i>    | 0.100                      | 0.053     | 0.049     | 0.203 |
| 8.  | <i>Scoloplos uniramus</i>   | 0.000                      | 0.051     | 0.049     | 0.100 |
| 9.  | <i>Armandia longicauda</i>  | 0.069                      | 0.000     | 0.035     | 0.104 |
| 10. | <i>Tellina venusa</i>       | 0.000                      | 2.135     | 1.198     | 3.333 |
| 11. | <i>Lingula</i> sp           | 0.246                      | 0.169     | 0.167     | 0.583 |
| 12. | <i>Byblis longicornis</i>   | 0.485                      | 0.126     | 0.000     | 0.611 |
| 13. | <i>Oediceros saginatus</i>  | 0.000                      | 0.177     | 0.329     | 0.506 |
| 14. | <i>Photis longicauda</i>    | 0.169                      | 0.175     | 0.171     | 0.516 |

## Lampiran 4 (lanjutan)

## 3. Biomassa hewan makrobenthos di lokasi C

| No  | Species                      | Biomassa Hewan makrobentos |           |           |        |
|-----|------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------|
|     |                              | Stasiun 1                  | Stasiun 2 | Stasiun 3 | Total  |
| 1.  | <i>Capitella capitata</i>    | 0.542                      | 0.420     | 0.357     | 1.318  |
| 2.  | <i>Nereis granulata</i>      | 0.404                      | 0.473     | 0.532     | 1.409  |
| 3.  | <i>Polydora ciliata</i>      | 0.234                      | 0.311     | 0.238     | 0.784  |
| 4.  | <i>Cirriiformia punctata</i> | 0.185                      | 0.120     | 0.136     | 0.441  |
| 5.  | <i>Magelona capensis</i>     | 0.124                      | 0.197     | 0.134     | 0.455  |
| 6.  | <i>Diopatra cuprea</i>       | 0.063                      | 0.071     | 0.067     | 0.201  |
| 7.  | <i>Sipunculus nudus</i>      | 3.410                      | 6.982     | 6.984     | 17.376 |
| 8.  | <i>Despio magna</i>          | 0.059                      | 0.063     | 0.059     | 0.181  |
| 9.  | <i>Tellina venusa</i>        | 1.127                      | 0.000     | 0.000     | 1.127  |
| 10. | <i>Oedicerus saginatus</i>   | 0.183                      | 0.388     | 0.396     | 0.967  |
| 11. | <i>Gammarus lacusta</i>      | 0.489                      | 0.321     | 0.347     | 1.156  |
| 12. | <i>Photis longicauda</i>     | 0.258                      | 0.193     | 0.185     | 0.636  |

## 4. Biomassa hewan makrobenthos di lokasi D

| No  | Species                   | Biomassa Hewan makrobentos |           |           |        |
|-----|---------------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------|
|     |                           | Stasiun 1                  | Stasiun 2 | Stasiun 3 | Total  |
| 1.  | <i>Capitella capitata</i> | 0.475                      | 0.414     | 0.412     | 1.300  |
| 2.  | <i>Nereis granulata</i>   | 0.347                      | 0.406     | 0.477     | 1.229  |
| 3.  | <i>Polydora ciliata</i>   | 0.055                      | 0.053     | 0.201     | 0.309  |
| 4.  | <i>Prionospio pinnata</i> | 0.140                      | 0.144     | 0.093     | 0.376  |
| 5.  | <i>Despio magna</i>       | 0.055                      | 0.112     | 0.169     | 0.337  |
| 6.  | <i>Glycera unicorus</i>   | 0.126                      | 0.128     | 0.061     | 0.315  |
| 7.  | <i>Magelona capensis</i>  | 0.051                      | 0.055     | 0.000     | 0.106  |
| 8.  | <i>Sipunculus nudus</i>   | 6.797                      | 9.346     | 8.380     | 24.523 |
| 9.  | <i>Lingula sp</i>         | 0.205                      | 0.067     | 0.134     | 0.406  |
| 10. | <i>Tellina sp</i>         | 22.342                     | 0.000     | 22.009    | 44.351 |
| 11. | <i>Nacula sp</i>          | 18.823                     | 12.669    | 12.634    | 44.126 |
| 12. | <i>Gammarus lacusta</i>   | 0.154                      | 0.303     | 0.000     | 0.457  |

## Lampiran 5. Data kualitas air

| Lokasi | Stasiun | DO   | BOD  | NO2    | NO3    | NH3    | PO4    | SUHU | PH   | TSS   | SALINITAS |
|--------|---------|------|------|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|-----------|
| A      | 1       | 5.74 | 2.33 | 0.0036 | 0.0013 | 0.0036 | 0.0078 | 29.5 | 7.97 | 0.416 | 32        |
|        | 2       | 6.03 | 2.44 | 0.0095 | 0.0305 | 0.0095 | 0.018  | 30.1 | 7,96 | 0.368 | 33        |
|        | 3       | 5.91 | 2.47 | 0.0131 | 0.003  | 0.0131 | 0.274  | 30   | 8.06 | 0.382 | 33        |
| B      | 1       | 5.1  | 2.3  | 0.025  | 0.03   | 1.035  | 0.012  | 29   | 8.24 | 0.297 | 31        |
|        | 2       | 5.78 | 3.05 | 0.018  | 0.031  | 1.103  | 0.002  | 29   | 8.21 | 0.301 | 31        |
|        | 3       | 5.19 | 2.32 | 0.015  | 0.032  | 0.52   | 0.0018 | 28   | 8.13 | 0.317 | 31        |
| C      | 1       | 6.97 | 2.26 | 0.0125 | 0.005  | 0.0137 | 0.04   | 31.4 | 8.15 | 0.44  | 33        |
|        | 2       | 4.6  | 2.7  | 0.0302 | 0.023  | 0.0253 | 0.0098 | 22   | 7.99 | 0.456 | 31        |
|        | 3       | 7.3  | 2.1  | 0.0225 | 0.0193 | 0.022  | 0.102  | 31   | 8.18 | 0.463 | 33        |
| D      | 1       | 5.2  | 1.35 | 0.076  | 0.001  | 0.2867 | 0.0074 | 31.4 | 8.13 | 0.521 | 34        |
|        | 2       | 6.01 | 2.52 | 0.047  | 0.003  | 0.0135 | 0.024  | 31.3 | 8.24 | 0.5   | 33        |
|        | 3       | 6.3  | 2.52 | 0.0368 | 0.001  | 0.0118 | 0.0076 | 31.3 | 8.18 | 0.545 | 33        |

## Lampiran 6. Output kualitas air dengan kelimpahan

## The CORR Procedure

11 Variables: DO PH BOD TSS NO2 SALINITAS NO3 NH3 PO4 SUHU KELIMPAHAN

## Simple Statistics

| Variable   | N  | Mean     | Std Dev | Sum       | Minimum  | Maximum  |
|------------|----|----------|---------|-----------|----------|----------|
| DO         | 12 | 5.83000  | 0.74786 | 69.96000  | 4.60000  | 7.13000  |
| BOD        | 12 | 2.21667  | 0.51268 | 26.60000  | 1.13000  | 3.05000  |
| NO2        | 12 | 0.04264  | 0.06080 | 0.51170   | 0.00360  | 0.22500  |
| NO3        | 12 | 0.01501  | 0.01369 | 0.18010   | 0.00100  | 0.03200  |
| NH3        | 12 | 0.25508  | 0.41141 | 3.06090   | 0.00360  | 1.10300  |
| PO4        | 12 | 0.04220  | 0.07806 | 0.50640   | 0.00180  | 0.27400  |
| SUHU       | 12 | 29.70833 | 0.81292 | 356.50000 | 28.50000 | 31.40000 |
| PH         | 12 | 8.12000  | 0.10171 | 97.44000  | 7.96000  | 8.24000  |
| TSS        | 12 | 0.41717  | 0.08514 | 5.00600   | 0.29700  | 0.54500  |
| SALINITAS  | 12 | 32.33333 | 1.07309 | 388.00000 | 31.00000 | 34.00000 |
| KELIMPAHAN | 12 | 6113     | 1284    | 73357     | 3737     | 7473     |

Pearson Correlation Coefficients, N = 12  
Prob > |r| under H0: Rho=0

|      | DO       | BOD      | NO2      | NO3      | NH3      | PO4      |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DO   | 1.00000  | 0.42070  | 0.44257  | -0.30933 | -0.38642 | 0.28681  |
|      |          | 0.1733   | 0.1497   | 0.3279   | 0.2147   | 0.3661   |
| BOD  | 0.42070  | 1.00000  | -0.23765 | 0.16179  | 0.33925  | 0.13194  |
|      | 0.1733   |          | 0.4570   | 0.6154   | 0.2807   | 0.6827   |
| NO2  | 0.44257  | -0.23765 | 1.00000  | -0.02236 | -0.17388 | 0.15848  |
|      | 0.1497   | 0.4570   |          | 0.9450   | 0.5889   | 0.6228   |
| NO3  | -0.30933 | 0.16179  | -0.02236 | 1.00000  | 0.61028  | -0.27727 |
|      | 0.3279   | 0.6154   | 0.9450   |          | 0.0351   | 0.3829   |
| NH3  | -0.38642 | 0.33925  | -0.17388 | 0.61028  | 1.00000  | -0.29508 |
|      | 0.2147   | 0.2807   | 0.5889   | 0.0351   |          | 0.3518   |
| PO4  | 0.28681  | 0.13194  | 0.15848  | -0.27727 | -0.29508 | 1.00000  |
|      | 0.3661   | 0.6827   | 0.6228   | 0.3829   | 0.3518   |          |
| SUHU | -0.90170 | -0.49530 | -0.38118 | 0.25518  | 0.39686  | -0.10684 |
|      | <.0001   | 0.1016   | 0.2215   | 0.4235   | 0.2015   | 0.7410   |
| PH   | 0.23162  | 0.32810  | 0.30108  | 0.01326  | 0.49704  | -0.10758 |
|      | 0.4689   | 0.2978   | 0.3416   | 0.9674   | 0.1002   | 0.7393   |

## Lampiran 6. (lanjutan)

Pearson Correlation Coefficients, N = 12  
Prob > |r| under H0: Rho=0

|            | DO       | BOD      | NO2     | NO3      | NH3      | PO4      |
|------------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| TSS        | 0.27487  | -0.48761 | 0.36406 | -0.75255 | -0.70246 | -0.03676 |
|            | 0.3872   | 0.1078   | 0.2447  | 0.0047   | 0.0109   | 0.9097   |
| SALINITAS  | 0.53921  | -0.13991 | 0.33042 | -0.69472 | -0.62861 | 0.31038  |
|            | 0.0704   | 0.6645   | 0.2942  | 0.0122   | 0.0286   | 0.3262   |
| KELIMPAHAN | -0.02406 | -0.24379 | 0.31308 | -0.01536 | -0.36913 | -0.30851 |
|            | 0.9408   | 0.4451   | 0.3217  | 0.9622   | 0.2377   | 0.3292   |

Pearson Correlation Coefficients, N = 12  
Prob > |r| under H0: Rho=0

|           | SUHU     | PH       | TSS      | SALINITAS | KELIMPAHAN |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| DO        | -0.90170 | 0.23162  | 0.27487  | 0.53921   | 0.02406    |
|           | <.0001   | 0.4689   | 0.3872   | 0.0704    | 0.9408     |
| BOD       | -0.49530 | 0.32810  | -0.48761 | -0.13991  | -0.24379   |
|           | 0.1016   | 0.2978   | 0.1078   | 0.6645    | 0.4451     |
| NO2       | -0.38118 | 0.30108  | 0.36406  | 0.33042   | 0.31308    |
|           | 0.2215   | 0.3416   | 0.2447   | 0.2942    | 0.3217     |
| NO3       | 0.25518  | 0.01326  | -0.75255 | -0.69472  | -0.01536   |
|           | 0.4235   | 0.9674   | 0.0047   | 0.0122    | 0.9622     |
| NH3       | 0.39686  | 0.49704  | -0.70246 | -0.62861  | 0.36913    |
|           | 0.2015   | 0.1002   | 0.0109   | 0.0286    | 0.2377     |
| PO4       | -0.10684 | -0.10758 | -0.03676 | 0.31038   | -0.30851   |
|           | 0.7410   | 0.7393   | 0.9097   | 0.3262    | 0.3292     |
| SUHU      | 1.00000  | -0.18251 | -0.24788 | -0.55581  | 0.14364    |
|           |          | 0.5702   | 0.4373   | 0.0606    | 0.6561     |
| PH        | -0.18251 | 1.00000  | 0.01375  | -0.01666  | 0.77484    |
|           |          |          | 0.9662   | 0.9590    | 0.0031     |
| TSS       | -0.24788 | 0.01375  | 1.00000  | 0.69685   | 0.21558    |
|           |          |          |          | 0.0118    | 0.5010     |
| SALINITAS | -0.55581 | -0.01666 | 0.69685  | 1.00000   | -0.04317   |
|           |          |          |          |           | 0.8940     |

The CORR Procedure  
Pearson Correlation Coefficients, N = 12  
Prob > |r| under H0: Rho=0

|            | SUHU    | PH      | TSS     | SALINITAS | KELIMPAHAN |
|------------|---------|---------|---------|-----------|------------|
| KELIMPAHAN | 0.14364 | 0.77484 | 0.21558 | -0.04317  | 1.00000    |
|            | 0.6561  | 0.0031  | 0.5010  | 0.8940    |            |

## Lampiran 6. (lanjutan)

Singular values and variance accounted for

| Singular Values | Percent | Cum %  |
|-----------------|---------|--------|
| 4258.6063       | 100.00  | 100.00 |
| 4.5292          | 0.00    | 100.00 |
| 2.7207          | 0.00    | 100.00 |
| 1.2783          | 0.00    | 100.00 |
| 0.7521          | 0.00    | 100.00 |
| 0.5275          | 0.00    | 100.00 |
| 0.2110          | 0.00    | 100.00 |
| 0.1400          | 0.00    | 100.00 |
| 0.0305          | 0.00    | 100.00 |
| 0.0194          | 0.00    | 100.00 |
| 0.0071          | 0.00    | 100.00 |

OBS / VARS ratio: 0.578287 Scale: 1

Biplot Factor Type  
Symmetric

Biplot coordinates

|                | DIM1     | DIM2    |
|----------------|----------|---------|
| OBS A1         | -30.3884 | -0.1399 |
| OBS A2         | -36.4106 | 0.3552  |
| OBS A3         | -24.3661 | 0.1244  |
| OBS B1         | 20.8391  | -0.7911 |
| OBS B2         | 5.7758   | -0.5455 |
| OBS B3         | -0.2465  | -0.6669 |
| OBS C1         | 20.8391  | 0.7190  |
| OBS C2         | 2.7570   | -1.1200 |
| OBS C3         | 8.7946   | 0.8389  |
| OBS D1         | 17.8356  | 0.2830  |
| OBS D2         | 5.7758   | 0.4740  |
| OBS D3         | 8.7946   | 0.4690  |
| VAR DO         | 0.0009   | 1.0025  |
| VAR BOD        | -0.0064  | 0.1342  |
| VAR NO2        | 0.0010   | 0.0419  |
| VAR NO3        | -0.0000  | -0.0121 |
| VAR NH3        | 0.0077   | -0.3701 |
| VAR PO4        | -0.0012  | 0.0327  |
| VAR SUHU       | 0.0059   | -1.0915 |
| VAR PH         | 0.0040   | 0.0246  |
| VAR TSS        | 0.0009   | 0.0758  |
| VAR SALINITAS  | -0.0024  | 1.4726  |
| VAR KELIMPAHAN | 65.2580  | 0.0002  |



## Lampiran 7. Output substrat dengan makrobenthos

## The CORR Procedure

5 Variables: pasir lumpur capitella nereis polydora

## Simple Statistics

| Variable  | N  | Mean     | Std Dev  | Sum       | Minimum  | Maximum  |
|-----------|----|----------|----------|-----------|----------|----------|
| Pasir     | 12 | 60.95000 | 40.05590 | 731.40000 | 4.00000  | 98.90000 |
| Lumpur    | 12 | 34.02000 | 38.24303 | 408.24000 | 1.10000  | 90.44000 |
| Capitella | 12 | 21.99583 | 5.73793  | 263.95000 | 17.65000 | 39.39000 |
| Nereis    | 12 | 20.78333 | 3.09815  | 249.40000 | 15.15000 | 26.32000 |
| Polydora  | 12 | 10.56167 | 6.33079  | 126.74000 | 0.10000  | 21.74000 |

## Pearson Correlation Coefficients, N = 12

Prob &gt; |r| under H0: Rho=0

|           | Pasir              | Lumpur             | Capitella          | Nereis             | Polydora           |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Pasir     | 1.00000            | -0.95736<br><.0001 | 0.27596<br>0.3853  | -0.22652<br>0.4790 | 0.16228<br>0.6143  |
| Lumpur    | -0.95736<br><.0001 | 1.00000            | -0.22072<br>0.4906 | 0.19136<br>0.5513  | -0.14436<br>0.6544 |
| Capitella | 0.27596<br>0.3853  | -0.22072<br>0.4906 | 1.00000            | -0.52990<br>0.0764 | -0.35784<br>0.2534 |
| Nereis    | -0.22652<br>0.4790 | 0.19136<br>0.5513  | -0.52990<br>0.0764 | 1.00000            | 0.16874<br>0.6001  |
| polydora  | 0.16228<br>0.6143  | -0.14436<br>0.6544 | -0.35784<br>0.2534 | 0.16874<br>0.6001  | 1.00000            |

## Singular values and variance accounted for

| Singular Values | Percent | Cum %  |
|-----------------|---------|--------|
| 181.8188        | 95.42   | 95.42  |
| 27.3015         | 2.15    | 97.57  |
| 23.6574         | 1.62    | 99.18  |
| 14.6364         | 0.62    | 99.80  |
| 8.2649          | 0.20    | 100.00 |

## Lampiran 7. (lanjutan)

OBS / VARS ratio: 0.578287 Scale: 1

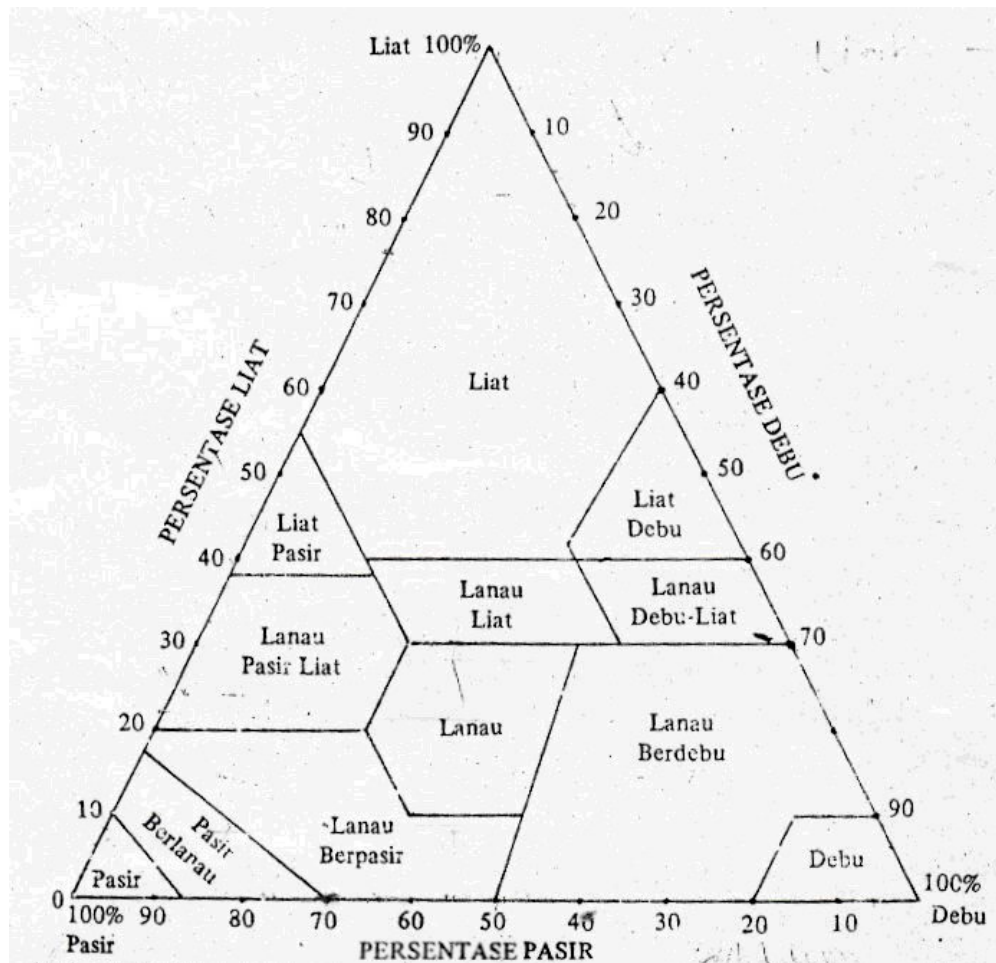
Biplot Factor Type

Symmetric

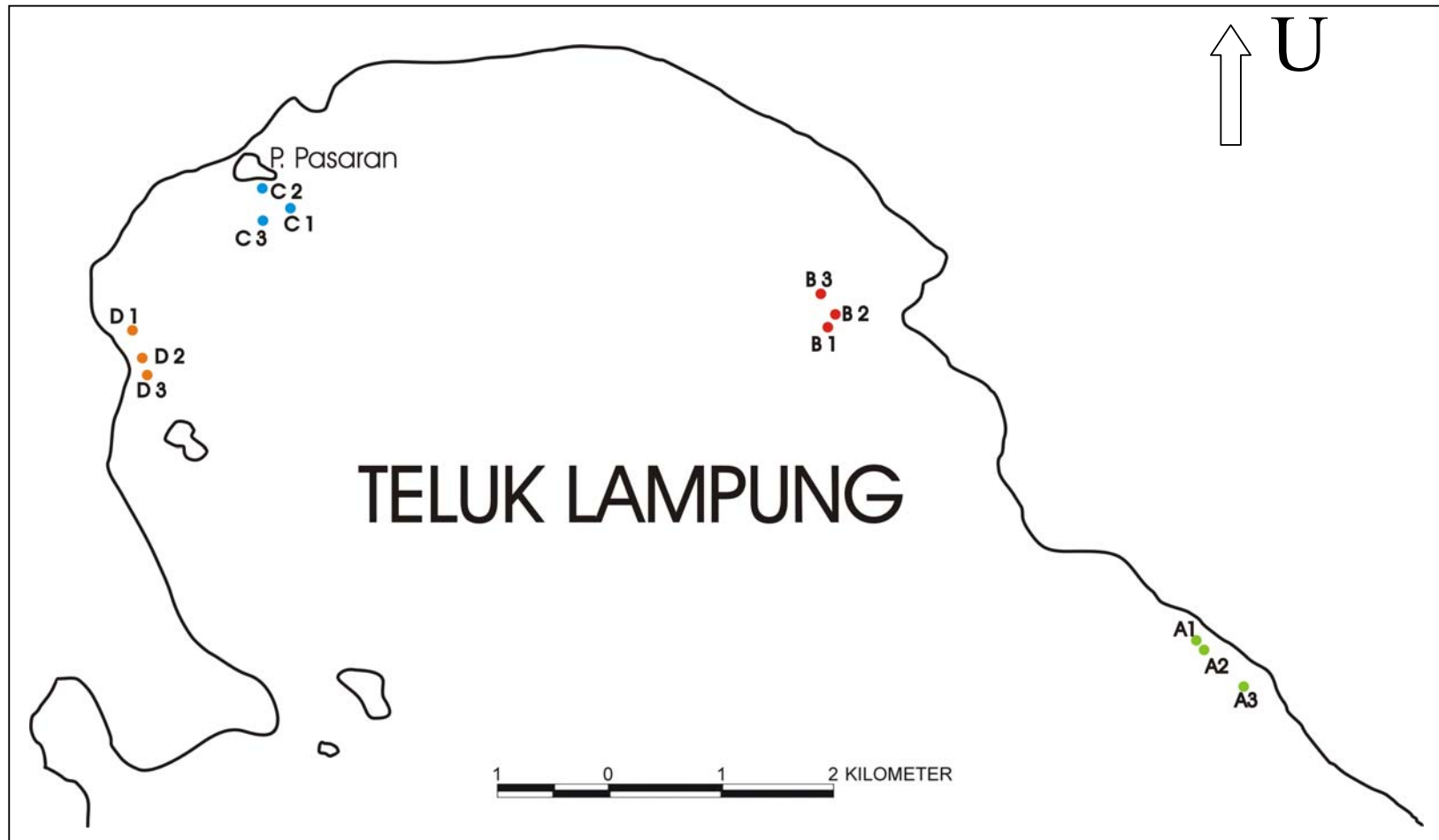
Biplot coordinates

|               | DIM1    | DIM2    |
|---------------|---------|---------|
| OBS A1        | 3.5212  | 0.2273  |
| OBS A2        | 3.7127  | 0.2176  |
| OBS A3        | 2.7311  | 0.3959  |
| OBS B1        | -5.8165 | 0.4491  |
| OBS B2        | -5.1390 | 0.4145  |
| OBS B3        | -5.9513 | 0.2001  |
| OBS C1        | 2.7234  | 0.4250  |
| OBS C2        | -4.6364 | 0.3689  |
| OBS C3        | 0.4833  | -4.8854 |
| OBS D1        | 2.8220  | 0.3068  |
| OBS D2        | 2.8438  | 1.4818  |
| OBS D3        | 2.7057  | 0.3983  |
| VAR PASIR     | 9.7576  | 3.4321  |
| VAR LUMPUR    | -9.2948 | 3.6584  |
| VAR CAPITELLA | 0.3591  | 1.3691  |
| VAR NEREIS    | -0.1628 | -0.4666 |
| VAR POLYDORA  | 0.2432  | -0.2155 |

Lampiran 8. Segitiga tekstur



Lampiran 9. Peta lokasi sampling





Lampiran 11. Dokumentasi penelitian



Kawasan di Industri Batubara



Pelabuhan



Saluran pembuangan di Pemukiman



Obyek wisata

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Purwokerto, Jawa Tengah pada tanggal 1 Januari 1981 sebagai putri pertama dari Ir. Hendro Soedarsono dan Dra. Sri Murwani Msc.

Pendidikan SD diselesaikan pada tahun 1993 di SD Xaverius 2 Tanjungkarang, SMP pada tahun 1996 di SMP Al-Kautsar Bandar Lampung, dan SMU pada tahun 1999 di SMU Negeri 9 Bandar Lampung.

Pada tahun 1999 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Pada Tahun 2004 penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan Judul “ Uji Toksisitas Timbal (Pb) terlarut di dalam air laut terhadap Larva Ikan Kerapu Tikus (*Cromileptes altivelis*) pada Skala Laboratoris”

Pada tahun 2004 hingga saat ini penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro dan telah dinyatakan lulus pada tanggal 5 Oktober 2007.



